



36-9-1

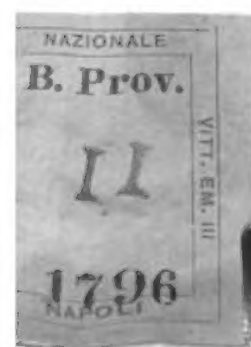
BIBLIOTECA PROVINCIALE

Armadio *XIX*

36-2-7

Num.^o d'ordine

Pacchetto *7*



B. Pro.

II

1796

Dup. 1796 534-38

SCELTA BIBLIOTECA
DELL'
INGEGNERE CIVILE

VOLUME QUATTORDICESIMO

ADDIZIONE ALLE

MILANO

DALLA TIPOGRAFIA FANFANI

LEI VED. N. 1111111111

CHIAMATA N. 1111111111

611259

L'ARCHITETTURA PRATICA

DEI

MULINI

TRATTATA CON METODI SEMPLICI ED ELEMENTARI

DESUNTI DAL NEUMANN E DALL' EYTELWEIN

UNITOVI UN

RACQUAGLIO

SULLA TEORIA DELLE RUOTE IDRAULICHE

SULLA FABBRICAZIONE DELLE RUOTE METALLICHE

E SUI PERFEZIONAMENTI DELL'ARTE DI MACINARE

PER CURA

DELL' INGEGNERE G. CADOLINI

Les Moulins sont communs à la vérité:
c'est justement ce qui en prouve l'u-
tilité et la nécessité de chercher les
moyens de les perfectionner.

BALMON, *Architec. hyd.*
Lib. II, c. I, § 634.

LIBRO PRIMÓ



MILANO

A SPESE DELL'EDITORE

M.DCCC.XXXV.

La presente Opera è tutelata dalle Leggi, essendosi adempito a quanto esse prescrivono.

GENNO STORICO
SULLA
INVENZIONE, PROGRESSI E PERFEZIONAMENTI
DELL'ARTE DI MACINARE

RAGIONE E DIVISIONE DELL'OPERA



La storia delle Arti meccaniche è
la storia della vera filosofia.
BACON.

Delle tante e svariate qualità di macchine conosciute col nome di *mulini* (1), le più distinte e veramente proficue e indispensabili, sono i *mulini da grano* (2). Difatti, se i mulini in generale servono ad apprestare all'uso ed alle occorrenze dell'uomo le produzioni della natura e dell'arte, che senza di essi esigerebbero tempo e forze soverchie, e bene spesso fors'anche non potrebbero ottenersi, i mulini da grano in ispecie si adoperano a convertire il grano in farina, rendendolo più fruttuoso all'uomo, che non sarebbe nello stato suo naturale.

I mulini porgono il mezzo di sbucciare il grano, sceverarne la sostanza, ossia il chicco dalla loppa e da' follicoli meno nutritivi, e prepararne la farina ordinaria, la semola, il tritello, ecc. Questi prodotti, con un mulino ben regolato, e

(1) Una classificazione e nomenclatura sistematica delle usuali specie di mulini, trovasi fra gli altri nella *Meccanica pratica* di G. S. Klügel (Berlino, 1784) pag. 38, e nella *Matematica applicata* di D. Eberhardt (Halla, 1786) pag. 47 e seg.

(2) Intendo parlare soltanto dei mulini da grano, escludendo le altre specie; quindi anche la nomenclatura sarà loro analoga. I mulini in generale hanno tutti una struttura poco dissimile da quelli da grano, ed anche questi bene spesso sono adoperati ad usi diversi. Così, per esempio, coi mulini da grano si può acciaccare la corteccia delle quercie per la conciatura delle pelli, la robbia, il pepe, le ghiande e simili. — In seguito, quando si discorrerà puramente de' mulini da grano, per brevità verrà ommesso l'aggiunto *da grano*.

con acconce manovre si ottengono in quantità e bontà che poco lasciano a desiderare; ed il consumo che si richiede delle forze dell'uomo, per lo più è in proporzione assai tenue.

Fra tutte le specie finora conosciute di mulini, quelli da grano furono per certo i primi ad avere siffatto nome. Gli altri inventati probabilmente più tardi, ottennero il nome di mulini secondo la maggiore, o minore rassomiglianza di forma e di scopo.

Se la storia poco ci somministra di certo sulla disposizione degli antichissimi mulini da grano, ci insegna però che erano conosciuti da tempi i più remoti. Abraham dice a Sara: prendi prestamente tre misure di fior di farina, ed intridila, e fanne delle schiacciate (1); la manna si acciacciava dagli Ebrei con le macine (2); Mosè vietava di prendere in pegno macine (3); e parlando delle piaghe d'Egitto, dice per bocca d'Iddio, che egli in sulla mezzanotte sarebbe uscito fuori, e passerebbe per mezzo l'Egitto, ed ogni primogenito sarebbe morto nelle terre di quella regione, dal primogenito del re assiso sul suo trono sino a quello della fantesca che è dietro alle macine (4). Sansone abbacinato degli occhi, fu forzato a girare le macine nelle prigioni de' Filistei, ecc. (5).

Convien credere che i primi mulini si movessero a braccia, e fossero di meccanismo assai grossolano. I Toscani di Bolsena al dire di Plinio furono i primi a trovarne l'uso (6); avranno consistito in una specie di mortajo, o in due pietre a modo del macinello da pittori (7); e a poco a poco, e per caso avranno

(1) Mosè, lib. I, cap. 18, v. 6.

(2) *Id.* lib. IV, cap. 11, v. 8.

(3) *Id.* lib. V, cap. 24, v. 6.

(4) *Id.* lib. II, cap. 11, v. 5.

(5) *Libro dei Giudici*, cap. 16, v. 21.

(6) Plinio, lib. 36, cap. 18.

(7) Se i primi mulini consistevano in una specie di mortajo è assai inverosimile che il pestello si menasse in giro: il grano doveva piuttosto tritursi; e quindi il pestello sarà stato agitato o sfregato con violenza. Diversamente non si saprebbe concepire come avesse a ridursi in polvere col solo girar del pestello, non potendosi agevolare l'azione dello sfregare o del pestare colla intromissione dell'acqua, come si fa colle terre di diverse fab-

ottenuta la forma de' nostri mulini a braccia. Da principio si contentavano di infrangerlo e di sminuzzarlo il grano: più tardi si servirono dello staccio per separarne in qualche modo le parti più sottili dalle più grosse.

Gli storici e gli archeologi vogliono che Eunosto fosse venerato dagli antichi come Dio dei mulini (1). Alcuni a lui, altri a Mileto ne attribuiscono l'invenzione (2); anzi soggiungono che dal nome di quel principe, l'ordigno di macinare cominciò a chiamarsi *mula*, dal che i Latini formarono il vocabolo di *mola*, *molendinum*, o mulino, che poi passò nelle lingue derivate dal latino.

L'uso dei mulini portatili passò dall'Oriente ai Greci, ed Omero ne parla nell'Odissea.

L'arte di convertire il grano in farina non era conosciuta dai Romani dei primi tempi, i quali costumavano mangiarlo torrefatto. Il console Paolo Emilio reduce vittorioso dalla Grecia, portò da quel paese a Roma l'invenzione dei mulini. Prima di lui si era cominciato in Roma a pestare il grano entro mortaj di sasso, e dalla funzione appunto del pestare dicevansi *pistores* que' che macinavano il grano, e *pistrinum* l'officina dove si faceva l'operazione e si fabbricava il pane. L'antico nome di *pistore* e *pistrina* è tuttora usato nel dialetto veneziano e genovese, e noi Lombardi abbiamo storpiato il *pistrinum* in *prestino* (3).

I mulini da macina introdotti in Roma da Paolo Emilio, e poscia diffusi a tutta Italia, per quello che ne giudicano gli

briche, e segnatamente per quelle di porcellane. Anche pestando però è difficile lo sfarinare, se il pestello non sia scabro, giacchè il grano, o si frange soltanto in minuzzoli, o riesce ammaccato grossolanamente, secondo che il mortajo è più o men pieno.

(1) *Eunostos, deos tis phasin epimylas*. Suida.

V. nelle memorie della società colombaria di Firenze; Livorno, 1752, vol. II, pag. 207. Osservazioni del proposto F. A. Gori sopra un'antica gemma anulare rappresentante Eunosto Dio dei mulini.

(2) *Mileta ton lelagos prwtos anoriston mlyn te eusein lagyutes hui en tais Alaisias ton tuis zlagon. Pausan. Lacon. III, c. 26. — Kuhnii, 260.*

(3) *Cosm. pitt. n.° 31, 1835. — Cherubini, Voc. mil.-ital.*

eruditi sulla scoperta di alcuni avanzi trovati negli scavi di Pompei, in una bottega da fornajo a mano sinistra della via Domizia, erano così formati: sorgeva da terra un masso di pietra vulcanica, della figura di un tronco di colonna, colla faccia superiore rialzata a cono; su questo posava un'altra pietra perforata internamente sul fare di un polverino, ovvero sia a due tronchi di cono congiunti alle basi minori, l'uno dei quali era calibrato in modo di adattarsi perfettamente al cono in rilievo del masso principale, e l'altro, che rimaneva al disopra, faceva l'ufficio di tramoggia. Per un foro scolpito traverso al corpo di questa pietra si introduceva una stanga che muovevasi in giro col sussidio di forze vive, e in tal guisa il grano passando dalla tramoggia al cono inferiore entrava tra le due pietre e si riduceva in farina e crusca che cadeva al basso in un cavo circolare destinato a riceverla. Perchè le due pietre non audassero presto in rovina si foderavano di ferro in lamine.

L'invenzione dei mulini ad acqua dovrebbe essere avvenuta poco prima della nascita di Cristo, come appare da un epigramma di Antipatro (1) che avrebbe fiorito 50 anni avanti all'era volgare. La descrizione che ne ha dato Vitruvio, è pure una prova, che a' tempi di Augusto vi erano in Roma dei mulini ad acqua; . . . *Fiunt etiam in fluminibus rotæ eisdem rationibus, quibus superscriptum est. Circa earum frontes affiguntur pinnae, quæ cum percutiuntur ab impetu fluminis, cogunt progredientes versari rotam, et ita modiolis aquam haurientes, et in summum referentes, sine operarum calcatura, ipsius fluminis impulsu versatæ præstant, quod opus est ad usum. Eadem ratione etiam versantur hydraulæ, in quibus eadem sunt omnia,*

(1) « O fanciulle che lavorate ai mulini, cessate di affaticarvi; dormite e lasciate che gli augelli cantino all'apparir dell'aurora; già Cerere ha imposto alle Najadi di compiere il vostro lavoro; e le Najadi obbedienti gettansi alle ruote, con forza ne girano gli assi, e con questi le pesanti macchine. »

Sull'istoria dei mulini del resto, si consultino i supplimenti di Beckmann alla storia delle invenzioni, tom. II, part. I da cui fu tolta gran parte delle cose riferite e la Memoria intitolata: *Dissertatio historica de Molis, quam præside Joh. Phil. Treuer defen. Jo. Tob. Mühlberger Ratisbonens Jena, 1695.*

præter quam quod in uno capite axis habent tympanum dentatum et inclusum; id autem ad perpendiculum collocatum in cultrum, versatur cum rota pariter. Secundum id tympanum, majus item dentatum planum est collocatum, quo continetur axis, habens in summo capite subscudem ferream, qua mola continetur. Ita dentes ejus tympani quod est axe inclusum impellendo dentis tympani plani, cogunt fieri molarum circinationes in qua machina impediens infundibulum subministrat molis frumentum, et eadem versatione subigitur farina (Vitr. lib. X, cap. 10). Pallelio consigliava di stabilirne in quelle possessioni che sono fornite di acque correnti, per poter macinare il grano senza bisogno di uomini e di animali. -- L'invenzione però fu lenta a diffondersi, e quando circa ventitré anni dopo la morte di Augusto, Caligola tolse buoi e cavalli ai mulini per servirsene al trasporto di varie sue masserizie, Roma patì carestia di pane; e 300 anni dopo si contavano ancora da ben 300 mulini a cavalli, come si continuò infino a quei giorni a far girare le macine anche dagli schiavi: Asinio Plauto comico latino che viveva circa due secoli prima dell'era volgare fu condannato anch'esso al dire di Nevio a girar le macine in pena di alcuni scherzi che si era permessi intorno a persone potenti, sebbene Varrone ed altri pretendano che la miseria soltanto lo avesse ridotto a tanta abbiezione. Questa barbara usanza cessò quando la propagazione del cristianesimo ebbe raddolciti i costumi degli uomini. E verosimilmente la causa che ritardò la diffusione de' mulini ad acqua ripeter deveasi in gran parte dal leggiero costo del mantenimento degli schiavi e dei così detti servi della pena.

Verso l'anno 400 incominciarono a rendersi comuni i mulini ad acqua, che furono riputati quai novelli apparati e posti sotto la pubblica tutela, cosicchè troviamo ordinanze in tale materia rinnovate e rinvigorite anche sul finire del quinto secolo.

I mulini di Roma erano posti in canali che bagnavano la città; e quando Vitige re de' Goti, l'anno 536 strinse in

Roma Belisario, fece chiudere i quattordici grandi acquidotti, in cui erano i mulini: e poichè mancavano similmente buoi e cavalli per supplire alle acque deviate, Belisario immaginò di collocare i mulini sulle barche e farli animare dalle acque del Tevere, e il tentativo fu coronato dal buon successo. Di qui pertanto sembra essere nata la prima invenzione de' mulini da fiume.

In seguito i mulini ad acqua si estesero rapidamente a tutta Europa. Anche Ausonio però, che viveva verso l'anno 379 ne avea immaginato di somiglianti, che situò in un torrentello tributario alla Mosella. Sembra quindi che in Germania sieno stati introdotti qualche tempo prima. La storia in progresso ne ricorda ad ogni secolo. Dante, Boccaccio ed altri scrittori italiani dei primi tempi fanno menzione di macine mosse dall'impetuoso corso delle acque (1).

Sui mulini a vento dei primi tempi, non abbiamo cosa alcuna di positivo sino al secolo duodecimo; devono però essere stati inventati più presto. Mabillon ci fa conoscere un diploma del 1105, che concede ad un convento di Francia di stabilire mulini a vento e ad acqua. Nel 1143 fu eretta un'abbazia in una foresta del *Northamtons-hire*, che venne poi derelitta e smantellata interamente 180 anni dopo: e il motivo addotto di averla distrutta fu il non essersi fabbricato alcun abituro nelle vicinanze, nessun mulino a vento, o ad acqua, al qual uso non venne mai esportato un albero di quella foresta. Progredendo trovasi fatta menzione con più frequenza di tai mulini: Dante li ricorda nell'inferno. Nel 1393 la città di Spira ne fece edificare uno, e chiamò dai Paesi-Bassi persona pratica di macinare con simile meccanismo.

(1) Ecco come Dante si esprime in una leggiadra comparazione per dinotare la sveltezza colla quale Virgilio lo scampò dalla persecuzione dei demonj:

Non corse mai sì tosto acqua per doccia
A volger ruota di *mulin terragno*
Quand'ella più verso le pale approccia.
Inferno, XXIII, 47.

Il processo di separare la farina dalla crusca, è ancora assai vario. In molte regioni oggi pure il grano non si fa che tritularlo sottilmente; inoltre la farina viene cernita con appositi stacci; ma quasi dappertutto si abburatta. Quest'ultimo processo, in cui il così detto frullone è mosso ad un tempo cogli altri ordigni, fu ideato appena sul cominciare del secolo decimosesto.

Non vi è macchina al mondo che non sia suscettibile di miglioramento, e gli attuali nostri mulini possono incontestabilmente essere molto perfezionati anch'essi. Ciò è applicabile segnatamente alla costruzione delle loro parti individue, che spesso volte influiscono assai allo scopo, ossia alla macinazione del grano. Quale dannosa influenza non esercita infatti sul grano che si trova in macina l'allentarsi del mozzo delle ruote, la rottura de' denti e dei fusi, e ogni altro consimile accidente! È pur certo che anche il meccanismo può in alcuni casi essere assai migliorato; generalmente parlando però, è tale da potervi applicare qualunque forza conosciuta. Il vento e l'acqua sono gli agenti di cui si usa preferibilmente, e con molto vantaggio, secondo che natura ne offre l'occasione, e per lo più vi si adatta un meccanismo che più semplice non saprebbe quasi idearsi. Ma anche la struttura ed il meccanismo de' nostri mulini non sono ancora regolati in maniera da ottenere lo scopo prefisso con tutta sicurezza, e per la via più spedita; nullameno però lo si ottiene ordinariamente a quel punto da lasciar poco in tal proposito a desiderare. -- Ne' mulini ben governati, il grano si monda delle parti terrose che vi si uniscono e si attaccano nel raccogliarlo, e lo si spoglia medesimamente delle barbe e delle altre parti ruvide che se gli trovano frammiste; quindi si sbuccia, e sen cava la farina separandone il fiore e le crusche in modo che avanzi poca mistura.

Le principali cause che ritardarono o impedirono i progressi di quest'arte per cui non porgeva, nè porge sempre quei risultamenti che potevamo attenderci dal grado di perfettibilità

a cui è ormai pervenuta, a dirle in breve sono singolarmente :

a) La *banalità*, ossia il diritto di obbligare i vassalli a servirsi del mulino, forno, ecc. del feudatario, per cui gli abitanti del circondario feudale non potevano altrimenti far macinare altrove. Questo diritto, compagno a tante altre violenze del feudalismo, abolito assolutamente dalla legge 5 pratile anno VI insieme a tutte le altre specie di diritti senza indennità, era dannoso a' mugnaj ed agli avventori: ai primi, perchè avevano sempre limitato il quantitativo del grano da macinare, cosicchè erano impossibilitati a cavare un compenso delle loro fatiche, o della maggior diligenza che avessero usato, e gli avventori erano sempre malcontenti, come lo sono generalmente gli uomini con tutto ciò che sappia di dipendenza, o tributo; agli avventori poi era svantaggioso in quantochè non potendo macinare ove tornasse lor meglio, bisognava accomodarsi alla ventura. La *banalità* all'epoca che fu introdotta era forse più adattata alle costumanze de' tempi che non adesso, che lo spirito di incivilimento ha fatto nascere universalmente il desiderio di vedere aboliti onninamente siffatti vincoli feudali che non hanno un corrispettivo, e moltiplicati all'incontro i mulini liberi. Ne' paesi in cui è tolta questa servitù, i vantaggi che ne scaturirono sono assai sorprendenti, e noi lo provammo in effetto.

b) La *mulenda*, ossia quella contribuzione o mercede che si paga al mugnajo per la macinatura, la quale in molti luoghi per forza di legge o di consuetudine si ritiene costante, quand'anche l'operazione importi maggior cura e diligenza. Eppure un metodo di macinare a parità di un altro esige doppia ed anche più volte maggiore diligenza e lavoro. -- Quando già da secoli fu stabilita la misura della mercede, è certo che non si ebbe riguardo a perfezionamenti dell'arte del mugnajo. -- Cessata per altro la *banalità*, venne ad essere tolta in parte anche la seconda causa.

c) Le prescrizioni che stabilivano le quantità di farina e di crusca che il mugnajo deve rendere. -- È raro che queste pos-

sano tener calcolo degli stritoli e de' minuzzoli del grano, perchè a cagione del cruschello dissipato, ora manca la misura ed ora il peso. Il proscrivere totalmente queste prescrizioni, forse non fu sano consiglio, qualche modificazione invece, avrebbe potuto lenire abbastanza il male.

Quando alle banalità ed alle altre gravasse e dipendenze feudali subentrarono i municipali statuti, e le nuove patrie costituzioni, anche l'arte del mugnajo in un coi diversi rami industriali migliorò sua condizione, e cominciò a prosperare.

Molti privilegj accordano quelle savie leggi a favore dei mulini: essi furono certamente suggeriti all'accorto legislatore dalla convenienza di animare un'arte che ha per iscopo di provvedere a bisogni sociali della prima e più diretta necessità, e che è legata in modo imponente all'interesse ed alla economia pubblica.

Ottenuta una volta la facoltà di tener mulino (fosse questo per macinare, brillar riso, segare, ecc.) non era più soggetta ad essere impedita o tolta, neppure per legge di prescrizione (1).

Data e verificata la sede, ossia il sito e la ragione di un mulino, sia con scrittura o documenti, sia coll'ispezione dei segni e dei vestigj esistenti, benchè questo da tempo immemorabile non fosse stato in esercizio, non poteva il vicino nè al disopra nè al disotto del canale, per cui scorrono le acque, fabbricare un mulino nuovo in pregiudizio del vecchio, qualora s'avesse voluto rifare o rimettere in esercizio; anzi era obbligato a levare le chiuse, gli argini e gli incastri, insomma qualunque ostacolo avesse potuto pregiudicare la ripristinazione del mulino vecchio e il libero uso delle acque, senza che potesse allegare a suo favore il possesso di venti od anche di quarant'anni.

L'acqua però, caduta che fosse dal superiore mulino, se questa decorreva a beneficio di altro inferiore, senza essere

(1) Rubrica generale delle acque, mulini, ecc. cap. 240, vol. II degli Statuti di Milano.
LIB. I.

vincolata ad altri usi, o ad altri particolari, non poteva (come si rileva da una dichiarazione del Collegio degli Ingegneri di Milano de' 7 febbrajo 1696) essere nullamente manomessa: o divertita dal proprietario del mulino superiore il quale non aveva facoltà di alterare neanche il cavo intermedio ai due mulini (1).

Chiunque avesse mulino, poteva scavare l'alveo della sua gora, spurgarla, tagliarvi le erbe palustri, spazzare e gettare il fango alla destra e sinistra parte delle ripe; poteva inoltre levare ogni ostacolo, che fosse di pregiudizio al suo mulino, non ostante veruna prescrizione, e non ostante qualunque contraddizione dei possessori de' fondi tanto dall'una quanto dall'altra parte del canale; e ciò fino al sito del mulino inferiore. E queste azioni non potevano impedirle neppure i limitrofi aventi diritto alle acque per l'irrigazione de' prati (2).

A niuno poi era lecito condurre le acque fuori del territorio comunale ad altri territorj posti fuori del Ducato di Milano, ammenochè non fosse per solo transito, come avverte il Carpano, se prima dette acque non avevano servito per l'uso ed esercizio dei mulini del Ducato di Milano, sotto pena ai contravventori di perdere la ragione di dette acque (3).

E stante quella Costituzione provinciale, la quale proibiva di estrarre da' fiumi o navigabili o non navigabili le acque per qualsivoglia uso senza il titolo e l'espressa concessione del Principe, il Senato dichiarava con suo rescritto del 16 genajo 1593, che il padrone di un territorio potesse fabbricare un mulino, servendosi dell'acqua di un fiume pubblico, che scorra nel distretto territoriale, purchè le acque ritornassero al fiume donde si erano estratte; e dichiarava parimente che per la irrigazione dei fondi non si potessero estrarre da' fiumi le acque di maniera tale, che mancassero per l'uso dei mulini inferiori (4).

(1) V. a pag. 66 del libro intitolato: *Ordines novi*, ecc. Ordini nuovi degli Ingegneri ed Architetti di Milano, e degli Agrimensori pubblici.

(2) V. *Statuti di Milano*, Rub. cit. cap. 241.

(3) *Stat. Rub. cit.* cap. 249.

(4) Supplim. al cap. 240 del vol. II degli *Statuti di Milano*, ediz. di Giuseppe Galeazzi del 1775, pag. 192.

D'altra parte però a frenare e togliere qualunque idea di monopolio e gli abusi d'ogni sorta che avessero potuto introdursi nell'esercizio della macinazione, le nuove costituzioni ordinavano al titolo *De Præfectis Annonæ*:

Che ai molinari fosse lecito il portare e far portare impunemente frumento e biade ai loro mulini, ad effetto di macinarli e ridurli in farina, e questa ricondurre da' molini alle case, purchè ciò si facesse di giorno e per le strade consuete, e dai luoghi, ove non vi fosse manifesta suspizione di frode; e che dentro otto giorni della consegna del grano lo dovessero ricondurre ridotto in farina. Lo stesso si doveva osservare dalle altre persone, che portassero frumento e biade dalle loro case ai mulini.

I molinari erano tenuti in principio dell'anno a dare sicurtà in mano del capitano della rispettiva provincia, di osservare gli ordini, e di ottenere le solite licenze.

Agli stessi era proibito, che sotto pretesto di macinare, ricevessero granaglie in luoghi non compresi nella licenza di macinare a loro concessa. Avevano altresì divieto di condur grano dall'uno all'altro luogo, sotto pretesto della licenza della macina; fuori che a quel luogo ed a quelle persone, da cui avevano ricevuto il grano per macinarlo; e ciò sotto pena della perdita dei giumenti e del grano, e di soldi venti per ciascuno stajo.

Sotto le stesse pene poi non potevano i detti molinari, nè alcunno della famiglia comprare biade, farina, legumi in alcun luogo, nella qual pena incorrevano anche i venditori che non avessero la licenza del magistrato. -- Era inoltre proibito e ad essi molinari e alla loro famiglia il dar commissione per la condotta delle biade a quelli, i quali avessero licenza di condurle da ogni banda; e ciò sotto la pena della perdita de' giumenti, e inoltre della perdita di dette biade a danno del padrone.

Altre prescrizioni particolari ai mulini posti sul fiume Olona possono vedersi nelle stesse N. C. sotto il titolo dell'ufficio del Giudice e del Commissario del fiume suddetto.

Col regolamento del 20 maggio 1806 per la navigazione al tit. II, § 9 è stabilito che chiunque credesse di poter senza ostacolo o pericolo della navigazione erigere lungo i fiumi ed i canali, macchine pel movimento di mulini e di opificj, deve riportarne la concessione dal Governo, il quale l'accorda dopo essersi assicurato che tali opere non siano di pregiudizio, prescrivendo nella concessione quelle cautele e condizioni che sono di pratica.

Il § 413 del Codice Civile Generale Austriaco provvede perchè non sieno costrutte opere, o fatte piantagioni tali che alterino il corso ordinario di un fiume, o che possano recar danno alla navigazione, ai mulini, alla pesca, o ad altri diritti del terzo. Queste opere in generale non possono intraprendersi che colla permissione dell'autorità politica, le cui decisioni sono dirette dalla legge 20 aprile 1804 relativa alle spese de' lavori ed all'amministrazione delle acque pubbliche, e dalla surricordata de' 20 maggio 1806 che come politiche furono dichiarate tuttora in vigore da un'aulica decisione del Supremo Senato di giustizia residente in Verona, e successivamente riconfermate colla notificazione dell'I. R. Governo di Milano 18 luglio 1828.

Rispetto poi alle relazioni tra confinanti, e contenti delle acque che vogliono mettersi a profitto nella erezione di nuovi stabilimenti, l'intraprenditore è in obbligo ogni volta di far luogo alle pratiche stabilite ai §§ 68 e 69 del vigente regolamento generale del processo civile.

Quanto alle prese e condotte d'acqua sia per l'attivazione di somiglienti opificj, che per altro oggetto, le leggi provinciali, gli Statuti di Milano, e segnatamente le nuove Costituzioni al lib. IV, titolo *De aquis et fluminibus*, provvedevano cautamente all'indennità de' possessori delle terre che volevansi attraversare colle nuove condotte, ed erano nel tempo stesso favorevoli ai conducenti di tali acque.

Fra queste le principali erano, che qualunque possessore di acqua, fosse di sorgente, o derivata da fiumi, o navigli, od an-

che raccolta dalle altrui colature, aveva diritto di condurre quest'acqua al termine che gli aggradiva, e conseguentemente formarle l'opportuno cavo su fondi altrui, chiunque ne fosse il padrone, non esclusi gli stessi fondi ecclesiastici, come si raccoglie dal decreto 22 agosto 1572 di monsig. Gio. Battista Castelli, vicario generale di S. Carlo, che anzi era loro permesso di attraversare col nuovo cavo le stesse pubbliche strade, rogge e canali altrui (1).

Per ovviare però al pregiudizio che potesse risultarne altrui, comandavano primieramente le leggi che il tutto si facesse col minor danno delle parti, vale a dire del possessore del fondo, non meno che del conducente.

In particolare poi volevano che prima di effettuare l'ideata condotta si comunicasse alle parti il progetto, sicchè potessero le medesime dal perito di loro confidenza far conoscere il sito destinato al nuovo cavo.

Al padrone del fondo doveva pagarsi non solo il terreno occupato dal cavo, ma inoltre un piede liprando (nove once del braccio milanese) d'ambe le parti, col quarto di più del suo costo, rimanendo a lui il diritto di farvi delle piantagioni di alberi sulla riva della roggia venduta.

Se occorreva di occupare colla terra escavata una maggiore estensione del detto piede liprando, il fondo doveva pagarsi la metà del suo valore.

Se al conducente tornava comodo, come sovente avveniva, di far uso di un qualche cavo abbandonato, doveva di questo pagarsi il fondo come sopra, ed inoltre l'importo della di lui escavazione e degli edificj che per avventura vi si trovassero.

Se fosse occorso di dover atterrare delle piante, queste venivano pagate al padrone, a cui rimanevano le piante stesse.

Il doppio pure del suo importo doveva pagarsi il danno che a soffrir venissero i fondi limitrofi alla nuova condotta, o per atterramento di biade, erbe, o frutti, cagionato, o dal car-

(1) V. Supplem. agli Statuti di Milano al cap. 241.

reggio, o dall'interinale deposizione della terra, o per formazione di calcina, o cose simili.

Per provvedere poi alla sicurezza delle altrui acque, comandavano le accennate leggi in generale che non potesse il conducente fare cosa alcuna che venisse in qualche guisa a scemarne il corso, o ad esporre a pericolo di diminuzione le acque altrui. Perciò se la condizione del nuovo cavo richiedesse d'intersecare una roggia di un altro, era in obbligo il conducente di formarvi e conservarvi a proprie spese gli opportuni edificj, e questi di cotto o di pietra, sicchè potesse con eguale facilità e sicurezza decorrervi l'acqua del primo proprietario. Quindi se la nuova roggia dovesse farsi passare per mezzo di un pontocanale sopra la roggia altrui, doveva questo esserè in tale altezza, che per qualunque escrescenza d'acque la roggia inferiore non avesse a soffrire ostacolo dal sovrapposto edificio; e se all'opposto dovesse passare di sotto, o per *tomba*, o botte retta sotterranea, ovvero per *tomba a sifone*, ovvero per *salto* come dicesi, *di gatto*, il nuovo letto fabbricato superiormente per la roggia antica doveva essere di tale consistenza che nè potesse trapelare la di lei acqua nel cavo inferiore, nè l'urto e la pressione dell'acqua sottostante potesse mai alterare il sovrastante canale.

Se il nuovo cavo dovesse dirigersi secondo l'andamento di una preesistente roggia, dovevasi tenere la distanza di tre o quattro trabucchi, a proporzione del corpo d'acqua, e ciò affine che non trapelino le acque e passino dall'uno all'altro cavo; ed il terreno intermedio doveva pagarsi al proprietario o per intero, o per metà del suo vero valore, secondo la stima ed il giudizio de' rispettivi periti.

Se in causa del nuovo cavo vi fosse pericolo che andassero a male le altrui colature, si doveva, a spese del conducente, formare un contraffosso, ossia un cavo parallelo al nuovo, per raccogliere dette acque, pagando allo stesso proprietario non solo il fondo occupato da' cavi, ma anche il terreno loro intermedio, secondo che si è detto di sopra.

Non era però mai lecito al conducente di occupare le roggie altrui, essendovi una decisione del Senato di Milano a questo riguardo del 12 maggio 1662. Se per altro ciò venisse spontaneamente concesso dai loro proprietari, si aveva il dovere di pagar loro il terreno del nuovo cavo colla ragione de' due piedi liprandi per le ripe, la lista di terreno, o costina intermedia, e gli edificj tutti richiesti non solo per un corso egualmente facile delle sue acque, ma anche per traghettare alla costina intermedia, e ciò altresì coi cavalli e carri, qualora detta costina fosse stata tale che potesse ammettere ed abbisognare dell'opera loro.

Il nuovo cavo poi doveva essere per tre anni spurgato e riparato a spese del conducente, dopo il qual tempo lo spurgo e la manutenzione appartenevano al concedente, nella guisa stessa che a lui apparteneva lo spurgo e la manutenzione del vecchio cavo dato ad uso del nuovo acquedotto.

L'obbligo dello spurgo e della manutenzione triennale nella maniera accennata si estendeva ancora ai contraffossi di cui si è parlato di sopra, i quali erano destinati a raccogliere le colature obbligate.

Se occorreva di attraversare strade o pubbliche o private colla linea del canale, era tenuto il conducente a costruirvi superiormente dei ponti di tale larghezza e consistenza che libero lasciassero il passaggio de' pedoni non meno che dei carri e delle carrozze, nella maniera stessa usata dapprima.

Il disposto dalle antiche consuetudini e leggi statutarie di Milano in materia di acquedotto, di cui abbiamo riferito gli articoli più interessanti, fu modificato in parte ed in parte conservato dal Codice civile francese, in seguito al quale fu poi promulgata la legge 20 aprile 1804, ritenuta in vigore come si è detto anche sotto l'attuale dominazione. Questa legge che si accorda in massima col dettato dagli antichi Statuti e delle così dette nuove Costituzioni di Milano del secolo 16.^o, combinata con quanto è voluto dal § 497 del Codice civile generale austriaco, provvede ampiamente alle quistioni che si rife-

riscono alle prese e condotte d'acqua in genere, e quindi anche a quelle destinate al movimento di opificj, e tra questi dei mulini che formano il nostro particolare argomento.

Sembra che l'arte del macinare abbia fatto a' nostri giorni considerevoli progressi segnatamente in Germania, patria di tante utili macchine (s'intende parlare della macinatura usuale, lasciati da un canto i meccanismi inglesi e americani di cui si tratterà a parte). La *macinazione economica* introdotta in Francia nel 1764, e tanto apprezzata, colla quale il grano viene sminuzzolato e rimacinato in diverse riprese, prova che quest'arte insino allora vi era molto addietro. Non è gran tempo, che ivi uno stajo rendeva dalle 80 alle 90 libbre di farina, mentre dopo i novelli miglioramenti se ne ricava sino a 195 libbre, il tutto a misura vecchia di Parigi. In Germania un tal processo di macinazione vi è praticato da tempo immemorabile. -- I mulini inglesi sono molto più complicati dei tedeschi, ma non sono come questi accomodati a poter macinare anche piccole quantità di grano (1). Gli Inglesi usano pur anche de' frulloni a cilindro, ed è difficile il persuadersi che con questi si possa far passare la farina per istamigno di tanta finezza, come si ottiene cogli apparati tedeschi. Le spazzole collocate nell'interno, alle quali è appoggiata l'operazione devono produrre della farina impura. In Inghilterra però, questo stesso apparato può essere impiegato con miglior effetto che in Germania, dacchè colà di regola non si macina che frumento, e questo con tai mulini si sfarina più presto e meglio della segale. -- Ne' paesi settentrionali, in Russia, nell'antica Polonia, ecc. come anche nelle province nordiche della Prussia la macinazione vi è tuttora indietro.

In Germania il macinio vi fu sempre esercitato siccome una professione distinta. E per verità è indispensabile, giacchè non

(1) Un mulino con meccanismo alla tedesca, si sta attualmente attivando dal sig. Michele Oman proprietario del vecchio mulino al Ponte dell'Oppio animato sulle acque del fiume Lambro.

Sull'esito di questo mulino diremo qualche cosa a suo tempo nel corso dell'opera.

tutti hanno dimestichezza con macchine complicate, e la macinazione, e l'impianto dei mulini esige molta ponderatezza ed attenzione. Il mugnajo macina non solo, ma attende eziandio alla fabbrica ed alla conservazione dei mulini, per cui avrebbe pieno diritto ad essere considerato non come puro lavorante, ma altresì quale artista. D'altronde quegli il quale esercita l'arte del mugnajo soltanto empiricamente, non sempre è in grado di fornire farina scelta; dunque è necessario assolutamente, che anche la macinazione sia trattata conforme alle regole dell'arte. Per la macinazione del grano non si conosce ancora alcun materiale più adattato della pietra, e segnatamente della breccia o pudinga, e del basalto. La pietra quindi è l'arnese principale di un mulino, il quale del resto può essere semplice, o composto nel suo meccanismo.

Si sovrappongano due pietre, e si dispongano in modo che quella di sopra possa muoversi senza appoggiarsi a quella di sotto, e che ciò non ostante col rivolgersi della superiore venghi triturato il grano intromesso fra entrambe, senza però schiacciarlo con tutto il peso della pietra, e si avrà costruito un mulino a macine.

Si ha quindi fig. 1.

a) Una pietra tonda, giacente ed assicurata sopra una solida banchina, e colla faccia superiore piana ed orizzontale.

b) Una simil pietra mobile, colla faccia inferiore a perfetto combaciamento colla superiore della pietra fissa a cui è sovrapposta, e con foro nel mezzo pel quale può essere introdotto il grano.

c) Un asse verticale di ferro, impernato in una catena, o registro *A* mobile d'alto in basso, su cui appoggia la pietra *b* mediante una traversa di ferro incastrata in essa, colla quale può essere girata intorno al proprio asse.

Del resto, l'asse *c*, sia investito con un collaretto assicurato saldamente alla pietra *a*, cosicchè possa soltanto girare, e le facce contrapposte delle due pietre non sieno lisce, ma inasprate con strie scolpite a poca profondità: a questo modo si avrà un tipo

Lm. I.

dell'apparato capitale di un mulino da grano. Imperciocchè, si dia moto alla mola superiore in un modo qualsivoglia, per esempio col mezzo del maniglione applicato all'asse, o rappresentato nella figura con punteggiate, e sia versato a poco insieme qualche grano nel foro della pietra: esso verrà attratto fra le pietre e macinato, indi restituito di bel nuovo alla periferia esterna, supposto sempre che la mola superiore giri vicino quanto basta all'inferiore.

Vi sono pur anche dei mulini, in cui la ruota superiore si appoggia all'inferiore, e quindi preme con tutto il suo peso. Ma questi si adoperano soltanto per macinare terre da farne stoviglie, porcellane, ecc., in queste le mole si muovono in un vaso pieno d'acqua, e nel piano inferiore della macina mobile è scolpita una profonda solcatura a croce per la quale è forzata a passare l'acqua e la terra. La macina è mossa per disopra, non ha foro nel mezzo, nè deve essere circolare perchè girando mantenga l'acqua in continua agitazione. Questa specie di mulini però non fa parte dell'opera.

Quantunque l'apparato principale dei mulini da grano sia assai semplice ed eguale in tutti, pure si troveranno più o meno complicati e dissimili l'uno dall'altro, se si vorranno considerare le seguenti specialità, cioè:

- 1) La forza animatrice del mulino, e il modo con cui è applicata;
- 2) Il meccanismo che muove la pietra;
- 3) Il modo con cui il grano entra ed esce dalle mole, acciocchè il lavoro riesca sempre uniforme;
- 4) Gli ordigni coi quali il grano macinato viene distinto in farina, tritello o crusca;
- 5) I ponti necessarij alla composizione e ordinamento del tutto.

I mulini da grano, come quelli d'altra specie assumono speciali denominazioni secondo la forza che li anima e il modo con cui è applicata.

I mulini messi in azione dalla forza dell'uomo, si chiamano

mulini a braccia. Essi sono semplici, o composti. Il più semplice è quello rappresentato dalla fig. 1: al maniglione di ferro si adatta un disco orizzontale con una leva per cui l'uomo può manovrare colle mani e coi piedi: questo apparato in moltissime circostanze merita sicuramente di essere preferito alle altre specie di mulini a braccia. I più complicati, sufficientemente applicabili in pratica, consistono in una ruota ed un rocchetto mossi con un maniglione, od un disco girevole colla spinta de' piedi (1).

Se i mulini sono mossi da cavalli o da buoi, diconsi comunemente *mulini ad animali*. Questi sono sempre mossi con una ruota ed un rocchetto, il quale è assicurato al palo delle macchine. I cavalli d'ordinario si attaccano ad un maneggio ossia ad un bilancino appeso alla testa di un timone, o stanga incastrata in un albero verticale, e i buoi si mettono a girare sopra un disco orizzontale (2).

I mulini animati dal vento, chiamansi *mulini a vento*. Le specie principali sono due, cioè i *tedeschi* e gli *olandesi*. Queste denominazioni sono basate sugli artificj usati per tener sempre rivolte contro vento le loro ali, da qualsivoglia banda spiri. Ne' mulini a vento dei Tedeschi, ossia ne' cosiddetti *mulini a capra* girano contro il vento le ali con tutto l'edificio, il quale è retto da un cavalletto che per le travi sporgenti che vi sono applicate, chiamasi anche il *caprone*. In quelli degli Olandesi invece l'edificio sta fermo, e unitamente alle ali si rivolge controvento soltanto il tetto o coperto. Di qui pertanto non si può trarre argomento di preferir gli uni

(1) Il disegno di somiglianti può vedersi nelle opere seguenti:

Il Teatro dei mulini di Beier, cap. 13, § 8.

L'Architettura dei mulini di Melzer, part. II, cap. 12.

Istruzione pratica per la costruzione dei mulini di Erut, part. III, cap. 7.

(2) Veggansi in particolare:

L'Architettura idraulica di Belidor, vol. I, lib. II, cap. I, § 684 e seg.

Beier, opera cit. cap. XII e seg.

Melzer, opera cit. parte I, cap. 5 e seg.

Erut, opera cit. parte II, cap. 5 e 6.

più tosto che gli altri. Anche le ali, e le altre individue parti di queste due sorta di mulini diversificano fra loro, cosicchè si vedono talvolta de' mulini tedeschi con ali alla olandese, e viceversa.

I mulini a vento orizzontali, ossia quelli colle ali che girano in piano, non si propagheranno così presto. Diffatti non si saprebbe scorgere infino adesso qual utile sia per derivarne. I mulini a vento a ruote verticali, segnatamente gli olandesi, sono così felicemente sistemati, che danno risultamenti superiori a quanto potrebbe credersi se non fosse confermato da relazioni incontrastabili, e quasi più di quello che il calcolo farebbe presupporre. I tentativi, o piuttosto modelli di mulini orizzontali, stati finora prodotti, sono inferiori d'assai agli ultimi anche rispetto alla durata dell'edificio, e in pratica talvolta riescono assolutamente inapplicabili (1).

I mulini mossi dall'acqua finalmente diconsi *mulini ad acqua* o *mulini idraulici*. Questi soltanto prestano argomento al presente lavoro, e quanto ai medesimi si riferisce, è materia del primo capitolo. È certo che non abbiamo forza più possente del vapore acqueo, ossia delle tanto ingegnose macchine a vapore, per animare i mulini; ma è pur vero che la loro conservazione è troppo dispendiosa ed il combustibile troppo scarso da noi perchè possano essere applicate alla macinazione, se non in circostanze straordinarie. È raro che i mulini debbano vincolarsi alle condizioni di località, che sono indispensabili agli altri stabilimenti a cui si applicano le macchine a vapore; per cui si ricorre più volentieri al vento e all'acqua, potendo questi due agenti averci sempre piuttosto a discreto mercato ed a condizioni convenienti. Il mulino a cilindri già stabilito a Trieste

(1) Inferno ai mulini a vento si consultino le voluminose opere sui mulini di Tulemen, di Horst, Lendret van Natrus, ecc.

e sui mulini tedeschi in particolare veggansi:

Beier, *Il Teatro dei mulini*, cap. XI.

Melzer, opera cit. parte II, cap. 10.

Ernst, opera cit. parte III, cap. 4, ecc.

da una società di azionisti e mosso dalla forza del vapore, ha dovuto cessare appunto per deficienza delle necessarie materie combustibili. — Un mulino a vapore fu pure istituito e attivato a Venezia due anni or sono all'isola della Giudecca a S. Biagio, destinato a supplire per eccellenza alle faticose e imperfette manovre dei mulini a braccia, e ad animali, ed agli altri ingegnosi sistemi, di cui sgraziatamente si è perduta la memoria, coi quali i Veneziani traevano profitto delle maree per macinare. Anche i mulini a vento tentati alla punta di S. Antonio, e diretti dall'esimio professore ingegnere Borgnis non sortirono a buon fine (1).

Crediamo inutile di tener dietro alla storia dei progressi e dei perfezionamenti introdotti nell'ultimo mezzo secolo nei metodi di applicare la forza dell'acqua ai mulini, nè di oitare le invenzioni delle varie forme di ruote prodotte e sperimentate all'uopo, e delle giustamente decantate pratiche di macinare all'inglese ed all'americana, coi macchinismi analoghi, perchè questa, benchè interessante, riuscirebbe qui troppo prolissa, e d'altronde potrà rilevarsi facilmente dalle cose che abbiamo riservate nel secondo Libro a questi speciali argomenti.

La riforma del meccanismo dei nostri mulini è reclamata dall'avanzamento delle arti e dall'economia delle forze di cui ora si fa immoderato scialacquamento.

In una memoria anonima sulle forze motrici fornite dalle acque di Lombardia, e sul miglioramento di cui sarebbero su-

(1) *Giornale di belle arti e tecnolog. di Venezia*, an. I, maggio e giugno 1833.

Chi volesse addimesticarsi colle macchine a vapore potrà studiare preferibilmente i seguenti autori:

Prony, *Architecture hydraulique*, vol. II.

Evans Olivier di Filadelfia, *Manuel de l'ingénieur mécanicien constructeur des machines à vapeur*, 2.^a ediz.; Paris, 1825, 1 vol.

Nicholson, *Description des machines à vapeur, traduit de l'anglais par J. Duvernoy*; Paris, 1826.

Tredgold, *Traité des machines à vapeur, traduit par Mellet*; Paris, 1825.

Jauvier, *Manuel du constructeur des machines à vapeur*; Paris, 1828.

Arago, *Annuaire des bureaux des longitudes*; Paris, 1829 e 1830.

Bernoulli, *Handbuch der Dampfmaschinen-Lehre für Techniker und Freunde der Mechanik*; Stuttgart und Tübingen, 1833.

acettibili i nostri mulini da grano, inserita nel fasc. 26 della Biblioteca Italiana, pag. 29 e seg. (ottobre 1834) sul modulo di quanto intraprese il Dupin per il suo paese, troviamo calcolata la forza totale attiva delle correnti d'acqua lombarde, la quale si fa equivalere prossimamente a 40 milioni di giornate, ovvero al lavoro annuo di più di 133 mila uomini. L'imperfezione però, e la rozzezza dei meccanismi a cui sono applicate, quali sono segnatamente le ordinarie nostre ruote a palmette, ne rende infruttuosa una parte ben rilevante. Questa perdita, e gli inconvenienti che vi sono annessi, potrebbero eliminarsi, o diminuirsi se non altro d'assai surrogando alle nostre ruote usuali quelle alla *Poncelet*, e le ruote a *turbini di Burdin*, perfezionate da *Farneyron*. L'adozione di questi ritrovati, e la sostituzione della ghisa al legno in molte parti dei meccanismi che trasmettono l'azione, giusta i calcoli dell'autore della memoria anonima indurrebbero il risparmio di 173 circa delle forze motrici ora impiegate. Qual giovamento non potrebbe attendersi da questa economia di forze col rivolgerla ad altre industrie egualmente utili, ma più trascurate appunto per la mancanza delle necessarie forze?

La ruota di *Poncelet* è verticale ed a palmette incassate, ricurve con tanto ingegno, che all'urto consumatore dannoso di forze vive, subentra l'azione del puro peso, cosicchè per essa si estende alle correnti d'acqua di poca caduta quel medesimo vantaggio che le ruote a cassette attribuivano finora esclusivamente alle grandi cadute, insegnando la teoria e la pratica che l'effetto utile di una ruota a cassette, a circostanze pari è doppio di quello di una ruota a palmette.

La ruota di *Burdin* è orizzontale e riceve moto dalla reazione: Segner e altri meccanici proposero in diversi tempi ordigni di questa specie, intorno ai quali scrissero Eulero, Bossut e Navier; in alcune province del Piemonte e degli Stati Pontificj è assai antico l'uso di piccole ruote a turbine, od a catini; ma queste presentavano non pochi inconvenienti che ne restringevano l'uso a limitati casi: Burdin vi introdusse

delle ingegnose e ben ponderate modificazioni che tolsero in gran parte, se non del tutto, tali inconvenienti, cosicchè questo bel ritrovato, mercè del quale si possono ridurre alla massima possibile semplicità i mulini propriamente detti, è ora utilmente applicabile in molte occasioni. Così l'uso della forza dei fiumi lasciata finora quasi inoperosa per non pochi inconvenienti dipendenti e dalla velocità variabile senza legge determinata, e dall'irregolare alzamento ed abbassamento dell'acqua verrà forse agevolato dalla ruota Burdiniana modificata dall'ingegnere Farneyron, il quale non ha guari ne fece con molto plauso un'ingegnosa applicazione sul fiume Doubs in Francia (1).

Ora che abbiamo dato una generale nozione dei mulini da grano, della loro origine ed invenzione, e delle cause che ne ritardarono il perfezionamento, e che abbiamo accennato le forze più convenienti per animarli, e le differenze essenziali che ne provengono, passeremo a dar ragione brevemente del metodo che fu osservato nella distribuzione delle materie, e nella esposizione dell'opera.

Essa è divisa in due volumi o libri: il primo è consacrato propriamente alla parte pratica od operativa, il secondo alla teorica o speculativa, ed alla descrizione delle invenzioni e degli apparati introdotti a' nostri giorni nell'arte di macinare.

Viene l'assunto pratico suddiviso in tre parti: nella prima si tratta dei mulini ad acqua presi a considerare in sulle generali, e si dimostra che la forza dell'acqua è da preferirsi a tutte le altre per animare i mulini; indi si additano i modi da usarne: a questo tien presso la definizione delle varie specie di ruote idrauliche che possono esservi applicate, distinte a seconda del metodo con cui sono disposte a ricevere l'impulso della forza motrice ed a norma della speciale loro configurazione: una medesima definizione si espone per le ruote del macchinismo in-

(1) V. *Traité élémentaire de mécanique industrielle par Stéphane Flechat*; Paris, 1835, § VIII, cap. VII, pag. 116.

Bulletin de la Société d'encouragement, fasc. febbrajo, febbrajo e marzo, 1835.

terno, e quindi si dichiara quali sieno le ruote a corona, le ruote stellate o dentate, le lanterne, le gabbie, i rocchetti, le ruote a bischeri ed altre tali. Relativamente poi al complesso del meccanismo, i mulini, si insegna come possano classificarsi in semplici e composti.

Essendosi per tener ordine divisato di dimostrare i particolari della costruzione de' mulini col farne applicazione ad uno scelto pensatamente per tipo, e siccome i più comuni di essi tra noi sono quelli mossi da ruote verticali, ed a palmette, perciò si è stimato opportuno di far precedere una minuta descrizione delle parti principali costitutive di un mulino di tal fatta, che per maggior chiarezza fu riferita ad appositi disegni. E sui medesimi fu altresì definita tutta la nomenclatura dei membri di cui sono composte le individue sue parti.

Una delle più interessanti considerazioni che deve premettere l'ingegnere nell'ideare il piano di un mulino, è quella di determinare la quantità dell'acqua necessaria ad animarlo, e deve insieme studiarsi ad approfittare convenientemente della caduta che possi avere a sua disposizione, ed a collocare e configurare le doccie nel modo il più vantaggioso. A tale intento si insegna in qual modo si possa istituire il calcolo della forza necessaria a dar moto ad un mulino, conforme al suo bisogno, e si danno delle formole generali elementari per trovare la quantità d'acqua occorrente, si istituiscono delle ricerche sull'altezza più opportuna alla velocità ed all'arcatura delle doccie curve, indi si espongono i criterj fondamentali per riconoscere quando si debba preferire la doccia curva, o la doccia piana, conosciuta che sia la caduta dell'alveo della gora, o del canale che traduce l'acqua al mulino: si parla del modo di disporre più ruote in una medesima doccia, tanto a fondo curvo, quanto a fondo piano, sia questo orizzontale, od inclinato, come a fondo mistilineo. Dei principj che derivano dalle indicate ricerche, si fanno frequenti applicazioni a casi pratici per dimostrare il modo di usarne. Dietro ipotesi speciali poi si desumono dalle formole generali le regole opportune per

soddisfare alle diverse condizioni che ne dipendono, e quindi si propone tra le altre l'importante quistione di sapere se sia meglio quando si hanno più ruote il disporle isolate, o collocarle tutte in una stessa doccia, sia che questa debba avere il fondo orizzontale, oppure a piano inclinato, od arcuato.

Essendo noto che le dimensioni delle ruote del meccanismo di un mulino dipendono principalmente dal numero delle rivoluzioni della ruota idraulica, e della macina, si determina il rapporto generale fra il numero delle rivoluzioni di quelle ed il numero dei denti e dei fusi delle ruote dentate e dei rocchetti; si accenna l'inesattezza del metodo col quale comunemente viene stabilito il numero dei giri della macina, e come invece possa rilevarsi con facilità e precisione; indi si insegna a determinare il numero delle rivoluzioni della ruota idraulica. Collo sviluppo di facili formole viene assegnato il numero dei denti e dei fusi nelle ruote dei mulini tanto di congegno semplice che di congegno composto: si dimostra inoltre come possa essere determinato geometricamente il diametro delle ruote grandi e piccole, delle lanterne, e dei rocchetti, e quale sia il metodo grafico di cui usano ordinariamente i carpentieri: si determina il numero dei denti e dei fusi delle ruote ingrananti facendo particolare considerazione ai fattori comuni, e si regola l'intervallo, o compartimento loro in relazione alla grandezza conveniente alle ruote stesse negli apparati usuali.

Per derivare l'acqua ai mulini si impiegano diversi artifici, e il più comune, del quale noi faremo parola, è quello di tradurla dal fiume o recipiente che la dispensa, al sito dove si vuol piantare il mulino, col mezzo di una gora, od alveo artificiale, la qual cosa riesce assai utile in generale, come si cerca di provarlo a suo luogo, mentre si discorre esandio della lunghezza e della pendenza che fanno a proposito, e della posizione più adattata per erigere il mulino.

Le doccie sieno curve, o piane, e queste orizzontali, od inclinate, nel modo che prima si sono minutamente descritte, si dimostra come in pratica si costruiscano a parte a parte, e si

esamina segnatamente a quale altezza convenga situare la soglia della chiavica tanto per la bocca della doccia propriamente detta, quanto pel risoiacquatojo, e si additano insieme alcuni artificioj per condur l'acqua a sboccare più presso che si può alla ruota, sapendo che in tal modo si evita una perdita di forza piuttosto riflessibile.

- Nella seconda parte trattasi della struttura delle ruote in generale e delle mole. -- Si descrivono dapprima gli stromenti essenziali di cui deve essere provveduto il carpentiere costruttore di mulini; quindi si passa ad indicare come si colleghino le varie parti delle ruote, e in quanti pezzi sia più opportuno eseguirle: si determina inoltre col calcolo il compartimento dei quarti di cui è necessario che sia composto il contorno di una ruota, la larghezza che devono avere i panconi di cui si fanno i quarti, e la lunghezza di questi ultimi; con qual metodo si sogliono tracciare, come si lavorino, e si uniscano tra loro con chiodi, o con viti.

Parlando delle ruote idrauliche in ispecie, si fissano le loro proporzioni e si tratta della direzione che conviene dare alle palmette nelle ruote verticali d'ogni specie, e del modo di collegarle saldamente insieme.

Delle ruote che costituiscono l'interno macchinismo, si descrivono minutamente quelle a corona, ed a stella, non che quelle che hanno l'una o l'altra forma simultaneamente; i rocchetti, o pignoni, le gabbie e le lanterne, con braccia e senza, e si riferiscono i migliori metodi adottati dai pratici per costruirle.

Tanto delle ruote a corona che delle stellate, si distinguono quelle a denti incastrati, a coda larga ed a doppia dentatura, e si tratta del modo di calettarne le braccia. Oltre ai rocchetti ordinarij si fanno conoscere anche quelli conici, o stremati; si determina il raggio di curvatura e la sporgenza dei loro denti; la larghezza da dargli alla radice ed in testa, tanto nella ipotesi che il rocchetto ingrani in un'asta dentata, regolarmente, e senza interruzione, sia che il contatto duri per

un intervallo determinato, come nel caso che una ruota piccola ingrani in una grande a denti, o fusi cilindrici. Ricerche uguali alle antecedenti si estendono anche alla configurazione dei denti nella ipotesi che lo sporto di essi al di sopra della linea di contatto uguagli il raggio del rocchetto. Per comodo della pratica si sono calcolate delle tabelle in cui vengono registrati i risultamenti che dipendono da ciascuna delle riferite supposizioni. Di queste regole si istituiscono dei confronti con quelle che si trovano in tal proposito nell'opera sui mulini del Neumann, e nei fogli berlinesi. Dove poi si parla della configurazione dei denti e dei fusi in genere, si pongono le regole pratiche per disegnarli e si comprendono con quelli di forma comune anche i denti a superficie curva, conosciuti col nome di *olandesi*. E poichè si ragiona di opere il cui materiale precipuo è il legno, non crediamo fuor di luogo il trattenerci per poco sulla lavorazione del legname in generale, e sulle prerogative che deve avere quello più confacente alla fabbricazione delle ruote.

Le ruote tutte sono munite di un asse, od albero col quale possono muoversi circolarmente: è quindi necessario che dopo avere favellato delle prime, si passi a far menzione degli ultimi. Si esaminerà quindi quali sieno le dimensioni da darsi agli alberi di legno, perchè abbiano la conveniente robustezza, e si esporranno alcune regole per la loro conservazione. Si indicherà come si pratichi cerchiarli, come si perforino, e si muniscano di viere, ecc., e si farà cenno delle diverse forme di steli, o perni, del modo di infilarli nelle teste degli alberi, e della sostituzione ai medesimi dei collaretti, o viere; nè si ometterà di parlare delle bronzine, o cuscinetti sia di legno che metallici, aperti, o chiusi.

Relativamente alle mole, si enumerano le principali qualità di pietre destinate a quest'uso; i paesi che le somministrano; le dimensioni e nomi coi quali si distinguono nella pratica; si parla dei metodi di lavorarle; della loro armatura, ossia del palo e suoi attinenti; dell'aguzzatura della pietra, degli uton-

sili per alzarle e trasportarle, degli artifizi inventati per conservare il necessario peso alla mola corritoja, ecc.

Gli argomenti che formano la terza parte del primo libro sono la costruzione del palco, o ponte delle macine; quella della tramoggia e degli ordigni fatti per dispensare uniformemente il grano alle macine e tenerlo raccolto, non che del frullone e degli altri apparati da secernere la farina dalle crusche. -- In seguito a che vengono esposte diverse considerazioni sulla struttura di un fabbricato da mulini, e sul collegamento e la costruzione di ciascun suo membro; si danno delle nozioni intorno alla macinatura e ai lavori che vi hanno relazione; si tocca dei risarcimenti e delle opere di manutenzione; del ghiaccio, della sua dannosa influenza nei mulini, e delle precauzioni che richiede, e si porge finalmente un'idea del modo con cui si deve valutare la spesa presuntiva della fabbricazione di questa sorta di edificj.

I precetti di pratica contenuti nel primo Libro sono desunti in gran parte dall'opera sui mulini di Carlo Neumann ispettore idraulico del dipartimento governiale di Liegnitz in Prussia. La celebrità di quest'opera è troppo nota perchè abbisogni di essere raccomandata con apologo, e questa è la ragione principale per cui fu scelta a guida nello estendere il presente lavoro (1). I principj teorici invece sono tolti quasi sempre dalle dottrine dell'Eytelwein, che si rinvencono esposte ne' suoi lodati manuali di meccanica, idraulica ed idrostatica, dove quell'esimio scienziato ha particolarmente consacrato alcuni capitoli alla teoria delle ruote idrauliche d'ogni specie e colla scorta di diligenti e fondate esperienze ne ha desunti principj facili, chiari e adattati alla capacità anche dei meno familiari colle formole dell'algoritmo superiore. Quando

(1) Il cav. prof. Gerstern nel pregiato suo *Manuale di meccanica* parlando della costruzione delle ruote di legno cita con lode distinta la ricordata opera del Neumann.

L'Eytelwein in una prefazione da lui premessa all'opera dello stesso Neumann ne pronuncia un giudizio assai favorevole di modo che noi col suffragio di uomini di tanta dottrina crediamo di non andar errati nell'accordargli la preferenza, molto più che in cotale genere non trovasi un trattato completo tra gli scrittori delle altre nazioni.

si è creduto opportuno di illustrare qualche proposizione con calcoli trascendentali, si è sempre fatto parcamente in via di nota; così queste potranno abbandonarsi da coloro che o non sanno o non amano trattenersi con teorie astratte.

Il secondo libro racchiude un ristretto ragguaglio delle migliori teorie attualmente adottate per determinare le condizioni statiche delle ruote idrauliche; ivi si fanno conoscere le forme di ruote più utilmente impiegate finora nei diversi usi dell'industria, e si parla per conseguenza delle ruote alla *Poncelet*, dei turbini a reazione ed a forza centrifuga di *Burdin* modificati dal *Farneyron*, ecc. In questa esposizione ci gioveremo segnatamente delle opere di *Navier*, *Masetti*, *Smeaton*, *Venturoli*, *Gestern*, *Poncelet*, *Christian*, *Evans*, *Ellicot*, *Borda*, *Parent*, *Morosi*, ecc. In seguito si espongono i metodi di costruzione più economici e convenienti delle ruote metalliche, sulle tracce dei più valenti esecutori, e sopra tutti di *Robertson Buchanan*. Finalmente si passano a rassegna i perfezionamenti introdotti da mezzo secolo in qua nell'arte di macinare, epperò si fa menzione delle pratiche osservate dai più abili mugnaj americani, si descrivono compendiosamente le operazioni che si fanno subire al grano per prepararlo e purgarlo a dovere prima di apprestarlo alle macchine, si considerano i principali apparati che compongono il nuovo sistema di macinazione, e si discorre eziandio della recente invenzione dei *Mulini a cilindro* fatta dal *De Müller* consigliere di S. M. l'Imperatore delle Russie, invenzione che secondo le presenti relazioni, dovrebbe avere sorpassato la precisione dei meccanismi inglesi.

Chiude l'Opera una nomenclatura degli strumenti che servono al fabbricatore di Mulini e degli arnesi del mugnajo, con breve spiegazione del loro uso, ed un vocabolario dei principali termini tecnici, con una tavola pratica delle formole e dei fattori che occorrono più di frequente nella soluzione dei problemi che possono presentarsi in questa materia.

Non possiamo per ora diffonderci maggiormente a dar contezza

di quanto concerne questo secondo libro, non essendo il medesimo per anco perfezionato. -- Ci riserviamo a parlarne nella prefazione che vi uniremo. Tanto di questo poi, che del primo potrà aversi un'idea più estesa scorrendone gli indici rispettivi.

Nelle tavole che illustrano questi scritti, si è cercato piuttosto la precisione e la chiarezza, anzichè il lusso, e gli oggetti che vi sono rappresentati hanno il vantaggio di essere tutti delinanti in isola a misura metrica, che è quella adottata nell'Opera, cosicchè si acquista a colpo d'occhio una giusta idea delle dimensioni e dei rapporti vicendevoli di ciascuna parte.

Moltissime utili e preziose notizie di fatto sulla organizzazione dei mulini dei nostri contorni, sulla quantità d'azione dei medesimi sui metodi nostrali di macinazione ed altre particolarità importanti relative al movimento nel prodotto ed al consumo de' grani o delle farine nella città di Milano, che si troveranno riferite nell'Opera, ci sono state graziosamente somministrate dal chiariss. sig. D. Galeazzo Krentzlin ingegnere di I.^a classe presso l'I. R. Direzione Generale delle Pubbliche Costruzioni di Lombardia, il quale con studio e zelo singolare e colla maravigliosa sua operosità le raccolse ed ordinò al proposito di favorirci. Alle lodi che attende il suo lavoro, non possiamo aggiungere dal canto nostro che i più vivi e schietti ringraziamenti.

L'architettura pratica dei mulini, come si è dichiarato nel relativo Programma d'avviso pubblicato il 18 di luglio ora scorso intende ad offerire agli *Ingegneri* ed agli *Architetti pratici* una centuria, o prontuario dei casi più frequenti in questa materia, che potranno forse non inutilmente consultare nella applicazione dei principj meccanici, quando occorra loro di dover formare il piano di consimili edificj, o sieno chiamati a dirigerne la reale esecuzione; e insieme tenta di tracciare una guida ai *Carpentieri-meccanici*, ed ai *Mugnaj* nell'esercizio delle rispettive loro funzioni, giacchè crediamo che non si troverà fuor di proposito, se in un libro che tratta di quanto torna essenziale ad un mulino da grano, si parla eziandio delle operazioni del mugnajo.

Tali nozioni serviranno a rammentare agli Ingegneri ed agli Architetti le procedure più accreditate delle diverse manualità dell'Arte, affinchè, o procurino di migliorarle se sanno, o le suggeriscano, o persuadano colla necessaria prudenza a sperimentarle ogni qualvolta si presenti loro favorevole l'occasione.

La meta principale da noi vagheggiata nel concepire e concretare questo lavoro fu l'utile pratico: e se coi precetti che additiamo, non nuovi, ma certi, avremo contribuito a distruggere qualcuna soltanto di quelle cieche consuetudini che spesso vengono abbracciate e seguite dagli artefici per sola mancanza di facili e convenienti istruzioni; se le nostre parole saranno tanto efficaci da persuadere all'adozione giudiziosa dei veri e sostanziali perfezionamenti delle diverse parti dei meccanismi e dei processi di macinazione; se col minorare i difetti che si incontrano nei nostri mulini ne ritrarranno vantaggio i più destri ed abili operai, e ne risulterà economia di forze con profitto delle altre industrie manifatturiero ed agricole, noi allora ci conforteremo al pensiero di aver pure in qualche parte, benchè scarsamente giovato al paese nostro colla diffusione di tali precetti e saremo paghi di quella compiacenza che da un primo tentativo diretto all'utile ed all'avanzamento di un'Arte qualsivoglia, infallantemente deriva.

Non crederemmo per altro di por fine degnamente al nostro ragionamento senza far conoscere che avevamo pensato a fregiare questo lavoro di un nome chiaro e distinto per fatti, virtù e dottrina, ma che la rara e singolare modestia pari in misura agli altri sommi meriti del personaggio che avevamo a questo intento trascelto, ci tolse a malincuore la fortuna di dar lustro in qualche modo all'opera, e di segnalare benchè con scarso e povero testimonio l'amore, la stima ed il rispetto che gli portiamo, e che perenne gli saprà professare anche tacitamente l'animo nostro riconoscente.

Milano il primo ottobre 1835.

Ingegnere GIUSEPPE CADOLINI.

L'ARCHITETTURA PRATICA

• DEI
MULINI

LIBRO PRIMO

.... les choses dont on se sert le
plus communément, n'en sont
pas moins dignes de recherches.
BELIDOR. *Arch. hydr.*
Lib. II, c. I, § 634.

PARTE PRIMA

CAPO PRIMO

Dei Mulini ad acqua in generale.

§ 1.

L'acqua pei mulini è il movente più costante, e insieme il più economico, quando l'uso ne sia regolato con opportuno studio. E poichè necessita che i mulini sieno in continuo esercizio, non solo perchè essi, come accennammo nella Prefazione, sono direm quasi indispensabili al soddisfacimento de' più stringenti bisogni dell'uomo, ma altresì perchè la formazione della buona farina dipende assai dal moto uniforme che si imprime loro, perciò, dove sia praticabile, si impiega l'acqua ad animarli. Per queste ragioni comunemente tutte le altre sorta di mulini ed opificj, ceder debbono ai mulini da grano; cosicchè, bene spesso, quando natura e le circostanze presentano l'occasione, si dà la preferenza ai mulini da macinare, e non si stabiliscono in acqua altri opificj, che allorquando coi primi non si possa completamente approfittare della potenza disponibile.

§ 2.

Per animare mulini ci serviamo dell'acqua, o contrapponendo al suo corso le palmette applicate alle nostre ruote idrauliche, affinchè le so-
spinga, o conducendo l'acqua al di sopra della ruota per riempierne le cassette di cui si guernisce alla periferia: l'acqua entrata nelle cassette cerca di premerle all'ingiù, e siccome sono coneguate in modo che non possono restar ripiene ad un tempo se non quelle d'una semiperiferia della ruota, mentre è vuota l'altra, così la ruota viene propriamente ad essere posta in movimento dall'inequilibrio del peso. Nella prima maniera è l'urto, nella seconda la *pressione* dell'acqua che agisce. L'acqua entrando nelle cassette delle ruote della seconda specie deve percuoterne il fondo con una qualche velocità, che può anche superare quella della ruota, e quindi vi eserciterà senza dubbio una spinta, per cui è ovvio l'accorgersi che l'acqua sovra una medesima ruota può agire ad un tempo e per urto e per pressione.

I mulini pertanto non possono essere animati con acque morte o stagnanti, ma con sole acque vive, o cioè dotate di una data velocità atta a produrre la necessaria spinta. Questa velocità è generata dalla pendenza del terreno o dalla caduta (denominata volgarmente il salto), ed è tanto più grande, quanto più grande è la caduta stessa. Che se la caduta di cui si può disporre eccede il bisogno per la generazione della richiesta velocità, allora si converte la medesima ad agire per pressione.

L'urto essendo prodotto non dalla sola massa dell'acqua, ma anche dalla sua velocità, si scorge facilmente, che esso sarà maggiore, quanto maggiore sarà la celerità, e quindi anche la caduta dell'acqua stessa, ritenuta costante la sua massa. La teoria e l'esperienza non lasciano dubbio sulla maggiore utilità sotto ogni aspetto di approfittare delle cadute rilevanti piuttosto per pressione che per urto. Quanto è più elevata la caduta, maggiormente può crescere la pressione.

Di qui si raccoglie quale nel piantar mulini sia il partito più vantaggioso allorchè ad acque uguali sia maggiore la cascata, ed a cascate uguali sovrabbondi la massa fluida; e quale sia il maggior utile ritraibile quando e la quantità dell'acqua e la cascata sieno copiose. Possiamo figurarci la quantità d'acqua e la cascata come due fattori, e il vantaggio che ne deriva, ossia l'effetto utile dei mulini come il loro prodotto. Quanto più grande sarà l'uno, od entrambi questi fattori, altrettanto più grande diverrà il prodotto. Come, e con quali artificj sia possibile l'ingrandire i fattori e quali norme ne scaturiscano, lo vedremo più innanzi. Il fin qui detto non serve che ad indicare sulle generali che l'acqua può impiegarsi come motore, ed a giustificare le successive diverse maniere di usare e di disporre delle ruote idrauliche.

§ 3.

Se l'acqua esercita la sua forza soltanto sulle ali inferiori, o almeno al disotto della ruota, allora questa prende il nome di *ruota a pale*, a *palmette* o *ad ali*, e l'acqua può farsi agire per urto soltanto, o per urto e pressione simultaneamente.

Se l'acqua percuote verso il mezzo, o poco più dell'altezza della ruota, essa viene chiamata *ruota di fianco*, e quivi l'acqua agisce ad un tempo per urto e per pressione.

Che se l'acqua da ultimo cade sul vertice della ruota, o prossimamente al medesimo, allora se gli dà il nome di *ruota a cassette*, e qui pure opera colla spinta e col peso.

Queste tre specie di ruote idrauliche presentemente sono comuni in Germania, e da noi, singolarmente quelle del primo genere: in seguito si dimostrerà che esse convengono a qualunque cascata e per qualunque quantità d'acqua. Le ruote orizzontali di cui si fa uso in alcune province (segnatamente in quelle montagnose degli Stati Pontificj e della Toscana), quivi non sono contemplate: egli non sarebbe in fatti difficile il provare che in quanto all'effetto sono molto inferiori alle poc' anzi nominate, e ben poco convengono al metodo di macinazione usato da noi. Si trovano descritte nel

Teatro dei mulini di Beier, parte III di Weinhold, pag. 86 e seg.

Belidor, *Archit. idraul.* part. I, vol. II, cap. I, § 666.

Anche la così detta *ruota a reazione*, o *ruota di Segner* e le *Burdiniane* modificate dal Farneyron non sono congegnate in modo da poter essere facilmente applicate: e quantunque la teoria ne presenti gli effetti assai vantaggiosi, pure in pratica si affacciano parecchi ostacoli. Vedi su di ciò

Il trattato delle macchine di Langsdorf, part. II, cap. 8.

§ 4.

Si sospenda una ruota a palmette entro l'alveo naturale di un fiume, e si impieghi soltanto la velocità naturale dell'acqua, senza ingrossarla artificialmente, e si avrà un *mulino da fiume a barche* od a *sandoni*, *natante* o *galleggiante*. Però non si usano solamente i mulini a barca, ma anche i *mulini eretti sopra palificate* in modo stabile, ritenute del resto le condizioni riferite per quelli a barche. Ciò non pertanto si osserva che i mulini galleggianti sono impiegati universalmente, e quelli a palificate qualche rara volta appena.

Le palmette di queste ruote si fanno lunghe da metri 3, 5o all' 5, e larghe dai 60 ai 90 centimetri. Importa assai di opporre all'acqua delle ampie superficie, giacchè la massa urtante è molto tenue a motivo della poca velocità dell'acqua, e l'urto anch'esso è minore, in confronto di una grande velocità, oltredicchè l'acqua sfugge, e le sue parti non percuotono tutte unite la palmetta immersa. Queste ruote, stante la grandezza delle palmette, si fanno senza cerchiature, e le palmette sono solamente inchiodate alle braccia, o razze, e sbarrate tre volte o quattro. Del resto tali ruote, oltre alle palmette devono avere l'altezza di 3 metri e mezzo all' 5.

Si scorge facilmente che simili ruote non possono essere adoperate che nelle grandi correntie di molta portata e di poca cadente. La fig. 2 rappresenta una di queste ruote, di cui *A* è il profilo; *B* l'elevazione sulla lunghezza dell'asse.

Il numero delle ali qui resta determinato di per sé, nè si può adattarvene più di sei od otto quando le braccia debbano essere traforate tutte. Si può adattarvene anche dodici, quando però non si trafori che una metà delle braccia, lasciando intatta l'altra. La fig. 3, dimostra quale sia il miglior sistema di congegnare le ali nel modo ultimamente detto, con intaccature a mezza coda di rondine.

È pur bene di non inchiodare le ali, perchè ne soffrono le braccia, e spessissimo si spezzano anche le ali stesse: piuttosto si assicurano con piegatelli e stanghette, dopo di averle ben isprangate fra loro. Le ali così applicate, possono levarsi e rimettersi senza strappare i piegatelli, bastando solo di respinger fuori le stanghette.

Gli alberi venendo ad essere traforati, e perciò assai indeboliti, si rende necessario di collegarli alle braccia. Essi non possono cerchiarsi con viere usuali, ma si abbracciano invece con viere snodate o articolate, simili a quelle rappresentate colle fig. 5 e 6, la prima delle quali si stringe a vite, l'altra s'imbietta. L'ultima merita la preferenza, perchè le viti prendendo ruggine non possono girare per nessun verso. Del resto ciascuna di queste viere è formata di due mezzi anelli uniti insieme a cerniera. Sui mulini patanti in generale veggasi

Il Teatro dei Mulini di Beiers al cap. X.

L'Architettura dei Mulini di Melzer, part. II, cap. IX.

L'Architettura dei Mulini di Erust, part. III, cap. III.

§ 5.

Per tutte le altre specie di ruote idrauliche, bisogna sostenere l'acqua in qualche modo ad una certa distanza, per poter accumulare al sito della ruota la pendenza guadagnata sulla distanza medesima, in quanto non sia assolutamente necessaria al movimento dell'acqua. Ciò si ottiene sopraltenendo l'acqua superiormente alla ruota o col rialzare l'alveo del canale, o sprofondandolo inferiormente alla ruota: e ben di spesso col far l'uno e l'altro simultaneamente. Oltracciò si collocano le ruote in un canaletto artificiale a sponde verticali con fondo (nel *callone*, *corsia*, *doccia*) per cui non può andar perduto gran che di acqua, e questo si munisce di traversa con paratoje per ritenere o lasciar scorrere l'acqua a piacimento.

Se la ruota idraulica consiste in un cerchio sul quale sieno incastrate le ali e queste sieno collegate in parte fra loro, in parte col cerchio stesso, allora si ha una *ruota a palmette sbarrate*. Simili ruote per lo più hanno un diametro di m. 3, 5o ai 5, 5o, con ali larghe centim. 90 a met. 1, e larghe dai 20 ai 30 centim.

La fig. 7 rappresenta una di queste ruote in alzata e spaccato.

Tali ruote si usano a preferenza ne' mulini semplici e poveri d'acqua.

Che se la ruota è formata di due cerchj uguali e paralleli, distanti l'un l'altro un metro ad un metro e mezzo colle ali incastrate fra le loro facce interne e verticali, allora se gli dà il nome di *ruota a tamburo*. Si fanno alte dai metri 4, 3o ai 7, 4o, con ali larghe 25 e fin 35 centimetri, e distoste dai 30 ai 40 centimetri. Nella fig. 8 è disegnata una di queste ruote.

Simili ruote sono incomparabilmente più robuste di quelle a palmette sbarrate, e quindi sono suscettibili di sforzi maggiori.

Se il fondo del callone, ossia del canaletto artificiale in cui gira la ruota, seconda più o meno l'inclinazione dell'alveo e termina con un salto, si avrà un *callone a piano inclinato*. Ma se il suo fondo sarà curvato sullo stesso raggio generatore della periferia esterna della ruota, allora il *callone* si dirà *incurvato* o *piegato*. — Entrambi questi calloni sono applicabili alle due specie di ruote suddescritte. La fig. 9 rappresenta il fondo di un callone a piano inclinato e la fig. 10 quello di un callone incurvato. Nel primo l'acqua può agire solamente per urto; nell'altro opera per urto e per pressione. Il callone incurvato quindi è più vantaggioso, ma esige un salto maggiore.

Se l'incurvamento del callone è grande, si scorge di leggieri, che l'acqua deve sbattere sulle palmette collocate in direzione del taglio. Le palmette quindi si piegano a gomito come nella fig. 11. Siccome poi le palmette inginocchiate non possono applicarsi convenientemente alle ruote a palmette sbarrate, quindi è manifesto che tali ruote non quadrano a' calloni profondi ed incurvati.

Della costruzione delle ruote succennate e de' calloni che meglio le si addicono, si discorrerà più diffusamente ne' capitoli susseguenti, dappoichè questa specie di Mulini è appunto l'argomento che intendiamo sviluppare. Quivi non potevano essere mentovati che superficialmente insieme a tutte le altre diverse specie.

§ 6.

Una ruota a pale congegnata in modo da poterla alzare od abbassare a norma che l'acqua cresce o cala, cosicchè sia fattibile immergerla più o meno, e cavarla anche intieramente dall'acqua se occorre, si dirà *ruota pensile*, *pendente* o *sospesa*, e il mulino animato da tal ruota, sarà un *mulino pensile*, *pendente* o *sospeso*.

Per poter alzare od abbassare le ruote secondo il bisogno, i guancialetti (*catene* o *banconini* vern.) degli alberi dovranno farsi movibili. I guancialetti poi, o posano sovra un'impalcatura da cui si sopralzano con leve, pesi o verricelli, oppure si sospendono con catene.

Le ruote pensili sono conformate intieramente come le ruote a tamburo, avvertendo solamente che quelle sospese con catene ordinariamente si fanno larghe da 2 a 3 metri, le altre invece appena 1, 20 o al più 1, 80. Per questa grande larghezza, si rinforzano con uno o due sbarri. Le ali si tengono discoste 40 o 50 centimetri, e si fanno larghe dai 30 al 40. La fig. 12 rappresenta una di queste ruote sospese a catena.

Il più delle volte da una sol ruota sospesa, segnatamente di quelle a catena, vengono animati due palmenti.

I motivi principali di eleggere questo meccanismo, sono i seguenti:

1.° Allorchè più ruote girino in una stessa doccia, per poterne alzar fuori dell'acqua quelle che si vogliono fermare, mentre l'altre continuano a muoversi. Colla cateratta formando una ruota si fermerebbero tutte,

2.° Quando l'acqua non si può deviarla o moderarla, come occorre; allora si alzano le ruote quanto basta, e l'acqua sovrabbondante si lascia scorrere per disotto infruttuosa.

3.° Quando il regurgito o ringorgo è frequente nella doccia, si possono rendere del tutto inattive le ultime ruote, o rialzarle per lo meno a quella misura che si vuol meglio.

Il congegno di alzar le ruote a leva si impiega segnatamente ed esclusivamente nell'ultimo caso, giacchè il ripetuto loro rialzamento riesce di soverchio incomodo. Per ciò pure le ruote da alzarsi a leva, si pongono quasi sempre in doccie separate, o tutto al più se ne accoppiano due in una.

Fu un tempo che si introdusse la così detta *doccia natante* o *galleggiante*, che ha la proprietà di avere il fondo sotto le ruote che può alzarsi od abbassarsi come richiede lo stato d'acqua del canale disotto. Essa però in grande non riuscì bene. Per lo meno l'inventore conobbe che non allettavano abbastanza.

Sui Mulini pensili si consultino:

Beiers, il *Teatro dei Mulini*, cap. VII.

Meliers, l'*Architettura dei Mulini*, part. II, cap. 7.

Ernst, l'*Architettura dei Mulini*, part. II, cap. 6.

Se la curvatura della doccia è alta tanto che l'acqua possa percuotere la ruota verso il mezzo, e la caduta sia costrutta con precisione d'arte, l'acqua non avrà tendenza a precipitarsi sul fondo della doccia, ma cadrà tutta sulle pale, e rientrerà nella doccia allora solo che le pale cominceranno a scaricarsi. Siamo nello stesso caso anche quando la caduta supera il raggio della ruota.

Di qui sembra che possano stabilirsi approssimativamente i confini tra le ruote a palmette e quelle di fianco.

Queste ruote sono organizzate precisamente sulla forma di quelle per le doccie arcuate, colla sola differenza che esse hanno un fondo, ossia un interno rivestimento, e le palmette sono disposte con diversa direzione. Su questo proposito si dirà qualche cosa di passaggio, trattando della costruzione delle ruote a doccie arcuate. La fig. 13 dimostra come avvenga pres-

sappoco l'intromissione dell'acqua in tali ruote. Il fondo in giro alla ruota, all'inserzione delle palmette, per impedire il trabocco dell'acqua, chiamasi *mantello*, o *cappa*.

Nei mulini a grano questa specie di ruote conviene assai meglio di quelle a cassette molto basse, perchè con questo mezzo l'albero della ruota riesce più elevato. Possono però presentarsi delle circostanze di dover preferire le ultime alle prime, come avviene appunto nelle ferrarie.

Le cappe in simili ruote, talvolta e singolarmente d'inverno, riescono pericolose, giacchè basta un pezzettino di ghiaccio che s'incastri tra esse e le pale, per iscompaginare violentemente la ruota. A questo inconveniente però si può ovviare colla vigilanza, e dirompendo i diaccioli con ramponi, od altrimenti.

L'altezza delle ruote di questo genere, destinate a caricarsi di fianco, può montare dai 3,75 ai 7,50 metri, secondo l'esigenza dei casi. La loro larghezza netta ascende da mezzo metro ad un metro, ed anche 1,20. La larghezza delle pale può essere dai 28 ai 35 centimetri, e la larghezza dei dischi, o tamburi di 25 o 30.

§ 8.

L'organizzazione delle ruote a cassette, s'approssima a quella delle ruote di fianco ad eccezione di qualche lieve differenza nella disposizione delle palmette, di cui verrà parimenti fatto cenno nel discorrere della costruzione delle ruote. L'altezza delle ruote a cassette va dalli 2 alli 9 metri a seconda dei casi: e la larghezza anch'essa, quasi in ragione reciproca dell'altezza, giunge da 30 centimetri ad un metro e mezzo e più.

Le ruote a cassette molto basse, quasi tanto larghe che alte, e spesso anche più larghe, chiamansi *ruote a timpano*. Si è già detto nel precedente paragrafo che queste non sono adattate pei mulini da grano e che sono preferibili le ruote di fianco. La fig. 14 rappresenta lo spaccato di una ruota a cassette, e il modo con cui si carica alla sommità.

La quantità d'acqua che abbisogna a muovere una ruota a cassette, è in ragione inversa dell'altezza della ruota stessa, cosicchè se ne trovano di quelle perfino di 9 metri, e più, applicate a girare macchine col sussidio di misere sorgenti.

Dei mulini con ruote a cassette caricate in sommità trattano:

Beier, *Il Teatro dei mulini*, cap. VIII.

Melzer, *L'Architettura dei mulini*, parte II, cap. VIII.

Ernst, *La Costruzione dei mulini*, parte II, cap. I.

Lm. I.

§ 9.

Siccome le tre principali specie di ruote da noi descritte girano verticalmente e la mola deve muoversi in un piano orizzontale, conforme si è veduto nel cenno preliminare, così un mulino non potrebbe altrimenti organizzarsi senza il sussidio di altre ruote.

Le più usitate a tale scopo sono le *ruote a corona*, le *ruote a denti*, o *dentate*, o *stellate*, o *radiate*, le *lanterne*, e le *gabbie*. Nei mulini pendenti si incontrano eziandio le *ruote a bischeri*, a *piuoli*, a *piroli*, od a *cavicchie*, ed i *rocchetti*, o *pignoni*.

Le *ruote a corona* consistono in un anello, collegato con braccia ad un asse, od albero, o fusolo, dal cui piano sporgono i *denti* ad angolo retto (fig. 15, tav. II).

Le *ruote stellate* (fig. 16) si distinguono da quelle a corona per avere i denti incastrati sulla periferia dell'anello, ossia disposti nel medesimo piano. Si scorge facilmente che e le une e le altre non muteranno della loro qualità se i denti invece di sporgere dalla circonferenza di un anello, saranno impernati in un disco, vale a dire se lo spazio tra l'anello e l'asse della ruota verrà chiuso.

La *lanterna* (fig. 17) è formata di due dischi con fusi incastrati. I dischi possono assicurarsi con braccia all'albero, od incunearsi immediatamente su di esso. Se la lanterna è tanto piccola che ciascun disco possa farsi d'un sol pezzo di pancone usuale, allora prende nome di *gabbia*, *lanternino*, o *lanternetta* (fig. 18). Si vedrà facilmente, che il lanternino non è applicabile agli alberi di legno molto grossi, i quali ordinariamente hanno un diametro maggiore di quello che possa competere ad un lanternino. Si dà però il caso di dover impiegare anche il lanternino sopra alberi grossi: in questo caso si supplisce collo inserirvi dei fusi come dimostra la fig. 19, formando così sull'albero stesso una specie di *rocchetto*.

La *ruota a bischeri* (fig. 20) è un disco, od anello col piano traforato da bischeri, pironi, o stecche con cui si può girarlo a mano.

Oltre alle indicate, evvi gran copia di ruote d'altri generi le quali partecipano più o meno della natura di queste. Ne terremo un breve cenno altrove. Nei nostri mulini usuali però non se ne incontrano.

§ 10.

All'albero di una ruota idraulica sia applicata una ruota a corona che imbocchi col lanternino, o *corello* del palo che pone in moto la macina al

girare della ruota idraulica: tale congegno è il tipo di un *mulino semplice* (fig. 21).

Questa maniera di girare una macina è senza dubbio semplicissima, nè si saprebbe idearne altra più semplice. Siccome poi qualunque macchina sente meno attriti, ed opera più speditamente in ragione della sua semplicità, perciò i nostri mulini sotto tale aspetto sono assai opportunamente regolati. È certo che ben due terzi di essi sono disposti con somigliante meccanismo.

§ 11.

La ruota a corona piantata nell'albero di una ruota idraulica, ingrani in una lanterna la quale porti sul suo asse una ruota dentata che muove la macina col mezzo del rocchetto, come è disegnato in pianta nella fig. 22. Alla combinazione dell'asse munito di lanterna e di ruota dentata, noi per brevità daremo il nome generico convenzionale di *apparato a lanterna semplice*. Se una sol ruota dentata verrà applicata al contemporaneo movimento di due macine, o palmenti, come si vede in pianta nella fig. 23, si dirà questo un mulino con *doppio apparato a lanterna*. L'*apparato a lanterna* posto dalla banda che vien l'acqua dicesi *superiore*, quello dalla banda opposta si chiama *inferiore*. Nell'uno di questi apparati i denti della ruota a corona premono in basso i fusi della lanterna; nell'altro li spingono in alto; cosicchè il primo può dirsi un *apparato di lanterna a pressione*; il secondo invece si distinguerà colla denominazione di *apparato di lanterna a leva*. Quindi se la ruota motrice è fatta a palmette, ordinariamente sarà a pressione l'apparato superiore; se è fatta a cassette, sarà a pressione l'inferiore. Allorchè il meccanismo sia destinato ad animare un solo palmento, e rimanga d'altronde libera la scelta, si dovrà preferire l'apparato a pressione.

Ciascuna macina potrebbe eziandio esser mossa da un meccanismo costituito da doppio apparato di ruote a lanterna, come rappresenta in pianta la fig. 24. È poi facile l'immaginarsi che l'apparato può farsi anche triplo, quadruplo, ecc. secondo che si desidera di allontanare più o meno le macine dall'albero della ruota animatrice. All'atto di erigere un mulino non si dovrebbe mai esitare nello eleggere il meccanismo ad apparato semplice, giacchè, se pur se ne incontrano anche a doppio apparato, ciò proviene dall'errore invalso di credere che tali apparati ingrandiscano la forza. È ben fatto l'emanciparsi in sulle prime da siffatti pregiudizj.

L'apparato di cui si è discorso può essere orizzontale, come nella fig. 22, o verticale, come nella fig. 25. Si concepisce agevolmente la possibilità di

applicare due o più lanterne alla ruota a corona per girare ad un tempo con essa due, o più macchine.

I motivi che rendono necessario l'apparato a lanterna, possono ridursi ai seguenti:

a) Quando la ruota idraulica, o per la sua ampiezza, o per il lento suo moto, gira troppo poco in un dato tempo, cosicchè per ottenere il necessario numero di rivoluzioni della mola bisognerebbe fare la ruota dentata più grande che non lo comportino i metodi usuali di costruzione, la sua robustezza, lo spazio disponibile e simili altre considerazioni.

b) Quando ad una sol ruota vogliano applicarsi due o più palmenti.

c) Pei mulini pendenti, in cui colla sola ruota a corona non si può elevarsi quanto potrebbe occorrere di alzare la ruota idraulica.

d) Quando succede, specialmente coll'uso delle ruote a cassette molto alte, che le macchine riescano troppo sepolte. In questo caso, o si adotta un apparato a lanterna verticale, o se ne dispone uno orizzontale, colla lanterna che ingrani alla sommità della ruota dentata.

Non presentandosi alcuno di questi motivi è miglior consiglio l'appigliarsi al congegno semplice.

Aggiungeremo inoltre che ne' mulini composti, la ruota a corona colla lanterna spesso si chiama genericamente il *meccanismo grande*, e la ruota dentata col rocchetto, il *piccolo meccanismo*.

Altre nozioni sui mulini tanto semplici che composti si troveranno nelle precitate opere di

Beier, *Il Teatro dei mulini*;

Melzer, *L'Architettura dei mulini*;

Ernst, *La Costruzione pratica dei mulini*;

Belidor, *Arch. hydrauliq.*, parte I, vol. I, lib. II, cap. I.

ed inoltre in

Hoffmann, *Architettura dei mulini idraulici* (Königsberg, 1800).

Sturm, *La perfetta architettura dei mulini*;

Stieglitz, *Enciclopedia*, articolo *Molino*;

ed altre opere.

§ 12.

Basterà l'aver accennata in generale l'utilità dell'acqua poi mulini ed il meccanismo conveniente colle denominazioni che loro convengono. Di qui si scorge quale spazioso arringo ci presentino i soli mulini da macinare, lasciato da parte anche tutto ciò che potrebbe dichiararsi sul perfezionamento dei più comuni.

Noi quindi giusta il piano che ci siamo proposti, in questo volume faremo parola soltanto de' mulini con ruote a palmette (o come dicono gli oltremontani, con *ruote urtate per disotto*), e segnatamente di quelle a palmette sbarrate ed incastrate. Entrambe queste specie di ruote però, per quello che si è detto al § 5 vanno considerate come una sola, in quanto che l'unica differenza è riposta nella costruzione della ruota idraulica e si può sempre surrogare l'una foggia di ruote all'altra.

Che se diremo qualche cosa qua e là per incidenza di altre qualità di mulini sarà soltanto allorchè questi presenteranno alcun che di comune con quelli di cui è argomento, o perchè si stimi il soggetto di tale importanza da meritare una breve digressione, o perchè finalmente lo esiga la connessione delle idee.

Avvertiremo eziandio che deve distinguersi il *mulino* dal *palmento*, abbenchè non sempre si osservi una tale distinzione. Per *mulino* si intende bene spesso tutta la macchina col fabbricato che la racchiude, qualunque sia il numero delle ruote e de' palmenti che la compongono. — Il *palmento* invece indica una coppia di macine colle sue pertinenze, senza alcun riguardo agli organi motori: così si dice che il mulino ha un tal numero di palmenti, ecc. Quando però con quest'ultimo vocabolo non si voglia dare un'idea della grandezza, o di una parte distinta del mulino, alcune volte invece di palmento dicesi genericamente un mulino.



CAPO SECONDO

Organizzazione di un mulino con ruota a palmette cerchiata; girevole in una doccia arcuata.

§ 13.

Prima di impegnarci nella descrizione delle singole parti di un mulino e delle loro specialità di costruzione, è necessario additare distintamente la distribuzione generale dell'opera, e per formarci un'idea più intima e più esatta della significazione di ciascun membro, e per mettere il lettore in istato di conoscerne tosto i rapporti vicendevoli.

Nel cenno preliminare si è indicato sotto quale aspetto in generale debbano i mulini da grano essere considerati composti e di varie specie: parlando ora de' mulini semplici con ruote a palmette, distingueremo in essi le seguenti parti principali:

a) La *corsia*, od alveo artificiale che conduce l'acqua alla ruota maestra, la scomparte e la tiene unita a norma del bisogno.

b) La *ruota maestra*, o l'*idraulica*, e la *parte mobile dell'opificio*, ossia il meccanismo del mulino.

c) Le *mole* e il loro *apparato*, ossia la parte sostanziale del mulino.

d) Il *palco*, o *ponte* che porta le mole.

e) La *tramoggia* e suoi *attinenti* per tradurre il grano alle mole e tenerlo unito.

f) Il *frullone* e *gli altri arnesi da stacciare* per cernere la farina dalle crusche.

g) L'*edificio del mulino*, o la *fabbrica* che lo contiene.

§ 14.

Le tavole III, IV e V rappresentano uno di questi mulini, cioè:

Fig. 26. Disegno in pianta.

Fig. 27. Profilo longitudinale della doccia colla ruota maestra.

Fig. 28.^a Alzata di fianco del mulino con parziale spaccato dell'insieme.

Fig. 28.^b Prospetto di facciata con parziale spaccato de' muri dell'edificio.

Fig. 29. Spaccato completo sulla direzione dell'asse del mulino.

In tutti questi disegni, per maggior chiarezza, abbiamo denominato con lettere uguali i membri che vi sono ripetuti.

§ 15.

La doccia, o *corsia* (v. fig. 26, 27, 28^a e 29) è composta principalmente di una *tromba*, o *vaso morto*, e di una *chiusa*, o *traversa*, e si divide nella *corsia* propriamente detta e nel *risciacquatojo*.

La *tromba* serve specialmente a rifermare l'acqua e impedirgli che si faccia strada sotto, o di fianco alla *corsia*.

Essa è costituita dalle *colonne fondali a* su cui sono assicurati gli *architravi*, o *correnti b*; dalle *latenuli banchine c* e dai *fregi d* collegati alle banchine con passoni. Sotto al primo corrente si trova un *taglione*, o *palancato e*, e superiormente vi corrisponde la *corda*, o *tirante f*. — Il primo serve a distornare le infiltrazioni dell'acqua; l'altra rinforza le spalle, o sponde della *tromba*. I correnti sono impalcati con tavoloni dello spessore di 9 centim. e le spalle ne sono similmente rivestite. Il fondo della *tromba* sale con dolce declivio fino alla soglia della *chiusa*.

La *chiusa* è formata dal *battitojo*, o *soglia g* impostata sul *taglione h*, dagli *stivi i* e dal *cappello*, o *frontale k*. Gli incastri degli stivi ricevono le *paratoje l* scorrevoli d'alto in basso, e che possono elevarsi col sussidio del *verricello m* al quale si avvolgono le catene con cui sono armate. — La *chiusa* rende più robusta, e difende in particolar modo la doccia colla quale è connessa: serve eziandio al conveniente regolamento delle acque.

La doccia è separata dal *risciacquatojo* con una semplice parete, essendo nel rimanente collegati insieme. La prima tiene raccolta, e traduce l'acqua alle ruote; l'altro smaltisce l'esuberante.

Entrambi sono costituiti da *pali*, o *colonne fondali n*, dai *correnti o*, dalle *banchine p*, dai *ritti q* e dai *dorsali r*. I *tiranti s* sono destinati a corroborare le sponde della doccia, e servono in pari tempo di letto al palco della ponticella.

L'arcatura della doccia (§ 5) è formata dalle *contromensole*, o *travette di sostegno t*, incastrate ne' ritte delle sponde, e dalle *latte*, o *centine u*. Alla prima travetta *tt* in cui sono calettate le latte, può darsi il nome di *testata*.

Anche nel *risciacquatojo* vi sono somiglianti travette *v* (fig. 28^a) disposte in dolce declivio. Del resto tanto le pareti che il fondo di questi canali sono rivestiti con tavole della grossezza di cinque centimetri.

Per situare la chiavica più vicino che sia possibile alla ruota, le si

adatta sul davanti, sotto sotto, una saracinesca obliqua *w*, che può maneggiarsi stando dentro al mulino col mezzo del facile meccanismo che si vede nella figura ultimamente accennata e nella 27. Il cappello *x* serve specialmente a consolidare gli stivi inclinati *y*, in cui scorre la saracinesca. L'apertura sotto il nominato cappello è misurata in modo che rimane libero solamente quel tanto che corrisponde all'alzata della saracinesca.

I due rialzi, o zoccoli *z* sono destinati a circoscrivere l'apertura della chiavica alla larghezza netta della ruota.

L'utilità di questo apparato, i particolari di costruzione, le loro differenze, ecc. saranno analizzati separatamente e con diffusione nel sesto Capo.

§ 16.

La parte mobile del meccanismo di un mulino consiste nella *ruota maestra* *a'* nel cui *albero* *b'* è confitta la *ruota dentata* *c'*, che imbocca nel *rocchetto* *d'* e dà moto per tal maniera alla macina.

L'albero della ruota maestra ha gli *steli*, o *bilici* appoggiati alle *bronzine*, o *cuscinetti* *e'*, i quali sono innestati ne' *calastrelli*, o *sedili* *f'*. Il calastrello situato nell'interno del mulino è appoggiato allo zoccolo del sottodescritto *ponte*, o *palco delle macine*; quello all'esterno è sorretto dagli *sbadacchi*, o *sbarri* *g'* che rincalzano l'armatura delle sponde.

Il rocchetto è attaccato saldamente al palo della macina che si descrive in seguito.

§ 17.

Le macine sono disposte così: (V. singolarmente la fig. 29) la *macina dormiente* od il *fondo* *h'* è adagiata sul tavolato del ponte descritto nel paragrafo che segue, e vi è fissata fermamente coll'*intelajatura* *i'*. Il *palo* *k'* si eleva attraverso il foro aperto in mezzo alla predetta macina, e la sua testa è abbracciata da un *collaretto* *l'* saldato in essa, entro cui senza poter vacillare da alcuna banda gira liberamente: a tal fine ha il suo piede appoggiato ad una *lucerna*, o *ralla* incastrata nella *cassetta*, o *scodellotta* *m'*. La cassetta poi è investita solidamente nel registro di cui si farà menzione più avanti. Il palo, mobile ed a piombo, regge sulla cima la *macina girante*, ossia il *coperchio*, o *mola corritoja* *n'* con una traversa che tiene impernata, e con una conveniente *marna* *o'* di ferro; può quindi rotare sul fondo, ben inteso, che il palo sia elevato in modo che la corritoja non si aggravi sul fondo stesso. La rotazione è generata, come abbiamo

già osservato nell' antecedente paragrafo, mediante il lanternino o roschetto infilato nel palo, che ingrana colla ruota a corona.

Il *foro*, ed *occhio p'* scolpito nel centro della corritoja, serve ad introdurre fra le mole il grano da macinare.

§ 18.

Il *palco*, o *ponte delle macine* è costituito da una intelajatura basamentale formata dagli *scanni q'* collegati insieme coi *traversoni r'*; su di essa si elevano a piombo le *colonne*, o *ritti s'*, di cui quello segnato *s' s'* è perforato, e dicesi la *candela*. Queste colonne portano il *tavolato v'* e la *sponda*, o *banco della farina u'*.

Nelle colonne sono calettati i *panconi d'appoggio w'* dei quali quello *w' w'* attraversa la candela ed è munito di leva, o registro. — I panconi d'appoggio sorreggono la *panchina*, o *balestro x'* in cui è inserita la cassetta della lucerna, come si è già indicato nell' antecedente paragrafo. Il balestro è stretto ai panconi con una zeppa, o cuneo. — La testa del pancone *w' w'* è collegata al *manubrio z'* col mezzo dell' *asta y'* che attraversa la *coscia t'*. Si scorge di leggieri come riesca fattibile con questo apparato di alzare ed abbassare il pancone unitamente al balestro ed alla corritoja che vi è impernata in modo di riavvicinare le macine più o meno secondo l' occorrenza.

Una più diffusa descrizione di questa parte del mulino, della sua costruzione e delle varietà che si incontrano, si troveranno nel capo duodecimo. In apposita figura è disegnata la pianta superiore del ponte sud-descritto.

§ 19.

Per mantenere unito il grano, e dispensarlo regolarmente alla corritoja, è assestata al di sopra delle macine la *tramoggia a''*, la quale ha il fondo mobile e sospeso a coreggiuoli. Questo fondo mobile, ossia il *coppo b''*, dai Tedeschi dicesi la *scarpa della tramoggia*. I coreggiuoli davanti sono allacciati alla madre vite *c''*. Stringendo, o rallentando quest' ultima col mezzo della manovella attaccata alla vite che l' attraversa, si può sollevare o calare il coppo quanto piace, e inclinarlo più o meno verso l' occhio della corritoja. — Per mantenere il coppo in continuo moto, vi è attaccata una *tentennella* che arriva sino all' occhio, e quivi si appoggia all' anelletto annessatovi espressamente. Girando la macina, il coppo riceve ripetute scosse

da un bitorzolo che sporgendo nell'interno dell'anelletto urta la tentennella, e da un randello a molla posto allato al coppo istesso.

La tramoggia è impostata nel *telarino* *e''*, ed il coppo vi è appeso; gli staggi del telarino sono appoggiati posteriormente ai beccatelli che attraversano il *torniello* *f''*, e di fronte a un *parapetto* costituito dal *traverso* *g''* e dai *pilastrini* *h''* che sono incastrati nel banco della farina riferito nell'ultimo paragrafo. Il *braccio* *i''* del torniello serve ad appendervi la tramoggia quando occorre di eseguire la battitura, o aguzzatura delle macchine, di far riparazioni, e simili. La tramoggia poi si allontana dalle macchine facendo girare il torniello, il quale è armato sopra e sotto di cardini. Dal traverso *g''* sporge un *braccialeto* *k''* alla cui testa è impernata un'appendice, o *mestatojo* *l''*, il quale entra anch'esso nel surrammentato anelletto da cui riceve scosse ripetute che lo mantengono a paro del coppo in continuo moto. — Esso serve a soffregare l'occhio e impedisce che il grano, o la farina aderiscano alle pareti, o si soffermino sulla marea del palo.

Il *corbello* *n''* (rosta, scorbasso) che circonda le macchine, serve a conservare unita la farina di mano in mano che è gettata fuori e la accompagna al frullone, che si descriverà in seguito, pel *finestrino*, o *imbuto* *m''*.

Il capo tredicesimo è consacrato a questo argomento.

§ 20.

Per cernere la farina dalla crusca, ossia per abburattare, davanti al ponte delle macchine, e vicino al banco della farina avvi il *frullone* *o''* entro cui è adattato il *buratello* *p''*. Il *verricello* *q''* che corrisponde alla fronte del frullone serve principalmente per tendere più o meno il buratello.

Il buratello è mosso a questo modo (V. fig. 26 e 29). Di dietro al frullone vi è un *fusolo* *s''* impernato tra due *travette* *r''*, il quale ha un *calcagnetto* *t''* che si prolunga sino ai tre denti *u''* che sporgono sotto il rocchetto del palo. Oltrecciò il fusolo porta anche un *bracciucolo* *v''*, collegato all'asta *x''* mediante il gomito *w''*. L'asta *x''* è congiunta al *cilindretto* *y''*, il quale per mezzo delle *verghette* *z''* può servire a sollevare il buratello.

Giri il palo col suo rocchetto, e l'uno dei tre denti che pendono inferiormente, spinga il calcagno: questo movimento verrà comunicato al bracciucolo, e da esso alle verghette dalle quali verrà alzato il buratello: il calcagno abbandoni quindi il dente, e il buratello teso, tirerà abbasso di bel nuovo le verghette, e ogni cosa tornerà a suo luogo. Quest'azione ri-

petendosi celeremente, il buratello acquista pel suo peso una certa oscillazione che produce lo *stacciamento*, e che può essere aumentata, o diminuita secondo che si allunga, o si accorcia il gomito, ossia secondo che si stende più o meno il buratello. &c. ?

Nel capitolo quattordicesimo verranno esposte ulteriori dilucidazioni sulla struttura e diversità degli ordigni da abburattare.

Da questa sommaria descrizione de' singoli membri del mulino, si rileva facilmente il processo di macinazione. Di fatto, siano assestate le macine a giusta tempera, cioè il coperchio macinante n^a sia sollevato in modo, per mezzo del manubrio z^a che non si appoggi per niente al fondo k^a ; in tal caso, data l'acqua alla ruota maestra a^a , verrà messo in moto il coperchio n^a per mezzo dello scudo c^a che imbocca nel rocchetto d^a . Il grano che si trova nella tramoggia a'' , scende pel coppo b'' nell'occhio p^a e si intramette alle mole, dalle quali viene triturato, ritenuto che siano aguzzate, e che girino abbastanza vicine l'una dell'altra. — Il grano così triturato viene respinto alla periferia, e dalla finestrella m'' del corbello n'' passa al frullone p'' . Quivi viene stacciato, e le parti più sottili attraversando le stamigne di cui è tappezzato in giro il buratello, cadono nel cassone o'' e le più grossolane finiscono nella *madia* posta appiedi del frullone.

Sulla disposizione dei mulini, e sulle operazioni relative alla macinazione discorreremo ulteriormente al capo decimosettimo.

§ 22.

Della fabbrica diremo brevemente, che o racchiude il solo meccanismo, o serve ad un tempo di abitazione al mulinero e sue genti. D'ordinario si pratica lasciare isolati i mulini in grande, quelli cioè a più palmenti, e aggiungere l'abitazione del mugnajo a quelli in piccolo, o costituiti di uno o pochi palmenti. — Gli edificj pei mulini si fabbricano allo stesso modo delle case di ordinaria abitazione, se non che esigono solidità e forza maggiore. Le poche diversità che presentano, unitamente alle circostanze che devono esser di norma alla loro interna distribuzione, formeranno il soggetto del capo quindicesimo.

Resta da osservare, che quel poco di ricinto in primo piano, davanti al palco delle mole, dov'è il frullone e la *madia* bastante per raccogliervi la farina abburattata, dicesi il *farinajo*, e lo spazio in secondo piano in fac-

cia alla tramoggia destinato principalmente a tenervi il grano per alimentarla, costituisce il *granajo*.

§ 23.

In un mulino a più palmenti, con ruote a palmette, il meccanismo di ciascun paio di macine è modellato su quello che abbiamo descritto, e il complesso non ammette alcuna modificazione tanto che ciascuna ruota maestra abbia doccia appartata, sia che più ruote girino in una medesima doccia.

Nei mulini ad uno o più ritrecini materà soltanto la parte mobile del meccanismo sulle norme additate al § 11, ma ciascun palmento manterrà invariata l'organizzazione descritta.

Le cose dette in questo capitolo basteranno a somministrare una idea generale dell'apparato dei mulini animati da ruote a palmette tanto sciolte che cerchiate.

CAPO TERZO

*Esame della quantità d'acqua necessaria per animare un mulino.
Caduta e disposizione delle doccie.*

§ 24.

Prima di entrare a discorrere della fabbrica dei mulini, e della struttura de' diversi loro membri, è necessario determinare le dimensioni dei primi in generale, e degli ultimi in particolare, affine di poterne istituire il computo preventivo in relazione alle diverse circostanze che in pratica si affacciano.

La teoria dei mulini non ha fatto progressi tali da potersene aspettare risultanze pienamente soddisfacenti, abbenchè v'abbiano versato persone per dottrina riputatissime.

Se i principj della costruzione dei mulini derivano, siccome pare, da quelle stesse supposizioni che servirono di base finora alla teoria, e se queste supposizioni sono inesatte e deficienti, vanno rettificcate con numerosi tentativi e ripetute osservazioni prima di potere ripromettersi una migliore alleanza tra la teoria e la pratica, cotanto ancora fra loro disperate.

Ma gli sperimenti coi mulini costano assai. In piccolo non è quasi fattibile l'istituirli; in grande richiedono tempo, applicazione e danari non pochi; e ciò che è peggio, chi vorrebbe avventurare il grano sul dubbio di ricavarne una farina di qualità più buona o più cattiva, o in quantità minore, o maggiore? Per fare un esperimento completo se ne vorrebbero delle moggia, e non poche staja; il mulino dovrebbe mantenersi in azione quasi continua, e le macchine condurre innanzi il lavorio, e quando sieno aguzzate di fresco, e quando sieno smosse affine di potere calcolare i loro effetti in ciascuno degli stadj che realmente percorrono.

Le sole osservazioni sulla macinatura conducono allo scopo più lentamente e con minore sicurezza delle sperienze appositamente instituite. Non sempre si può sapere se il mulino soggetto all'osservazione sia stato disposto e situato nel modo il più avvantaggioso. Oltrecciò per queste osservazioni occorrono cognizioni, spirito acuto, tempo ed opportunità; condizioni che di raro si combinano fra loro.

Rimane ancora una via di mezzo tra l'esperienza diretta, e la semplice osservazione che tornerebbe pure assai opportuna allo scopo: ma l'occa-

sione è quivi ancor più rada. Bisognerebbe poter osservare per anni un certo numero di macine, e avere tutta la libertà di modificare i macchinismi a seconda de' contemporanei progressi dell'arte. In un mulino a molte macine, il discapito in proporzione al tutto non è poi tanto, quand'anche una di esse agisca in diversa maniera, o macini qualche cosa meno delle altre. — Oltracciò le macine non sono tutte egualmente pesanti ma variano nello stesso tempo nelle diverse coppie, e in una stessa coppia ad epoche diverse; le pietre possono servire più o meno alla lunga, secondo la qualità della farina che si lavora; può anche tornar utile alla macinazione di regolarne le rivoluzioni a diverse velocità; di sostituire una qualità di pietra ad un'altra, e va dicendo.

Solo con somiglianti ripetute osservazioni e comparazioni sarà possibile di conoscere il grado di resistenza dei mulini in modo di poter determinare con qualche sicurezza la quantità di forza necessaria nelle diverse circostanze.

Non vi è ipotesi più incerta di quella che stabilisce la resistenza dei mulini proporzionale al peso della ruota corritoja. — Pare dimostrato col fatto, che data una forza sufficiente, e nel resto uguale, a pari circostanze, non si trovi differenza osservabile tra una corritoja alta sei palmi ed una alta soltanto la metà. E qui sembra che le cause di calcoli così fra loro disparati sulla proporzionalità tra il peso della pietra e la resistenza dipendano più che altro dalle diverse velocità (1).

Se reggesse l'ipotesi ricordata disopra, per una mola alta tre palmi, dovrebbe bastare la metà circa della forza occorrente per una di sei, ma dovrebbe eseguire eziandio metà lavoro, ritenuto uguale il diametro ed il numero delle rivoluzioni. Queste per lo più sono le dimensioni delle pietre de' nostri macini, le quali però dovrebbero venir confermate dall'esperienza. Ma non è il caso. Noi fintanto che la mola è consumata della metà, si continua a macinare come se la mola fosse appena rinnovata; e la differenza che passa necessariamente da una mola troppo alta ad una troppo bassa, pare debba ripetersi da ben altre ragioni e andar soggetta a leggi di proporzione diverse.

Per non presentare quindi calcoli prolissi e insieme incerti, come si trovano già in molte altre opere, i cui risultamenti non sono applicabili con fiducia ai casi che occorrono, se prima non si sommettono all'esperienza, nel contesto di questo capitolo, si sono comparate alcune verità di meccanica e d'idraulica con alcune sperienze istituite dal Neumann, e si è

(1) Veggasi il *Trattato delle macchine* di Langsdorf, vol. I, part. II, § 173 e success.

tentato ritrarne dei risultamenti, senza troppo ingolfarsi in inutili discussioni: si è cercato per es. di determinare la resistenza del grano; le dimensioni più vantaggiose di una mola corritoja, e simili.

Si ammette soltanto, che il momento del peso (inclusivamente al momento dell'attrito) sia uguale nelle coppie di macine di diametro prossimamente uguale e poste in circostanze identiche; e che quindi anche i momenti della forza debbano essere uguali, e si calcolano finalmente alcuni casi noti. Quantunque poi i risultamenti così desunti, come la quantità di acqua, il numero de' macini, ecc. non vestano il massimo rigore matematico, tuttavia fin tanto che la teoria non faccia migliore alleanza colla pratica, si potrà sempre usarne con più sicurezza che non meritano le usuali procedure pratiche.

Per molti architetti è impresa assai umiliante quella di dover sottoporre i risultamenti de' loro calcoli, ottenuti con lunga meditazione, al dubbio giudizio di un mugnajo addestrato, prima di avventurare l'esecuzione. Quest'ultimo bene spesso senza principj e penetrazione sufficiente raffronta un caso coll'altro e il suo giudizio è tutto eventuale. Coi seguenti paragrafi si tenta di porre l'Architetto in grado di fare da sè questi confronti, all'appoggio degli accennati principj. Del resto noi sottoponiamo senza riserva questo nostro tentativo alla perspicacia d'uomini ragguardevoli e di prevalente sperienza. Forse incontrerà il prezioso loro suffragio almeno il modo di calcolazione, nè riuscirà difficile modificare il valore di μ nel prospetto del § 28 a norma dei dati che l'esperienza può fornire nei diversi paesi per la diversa natura delle pietre, del grano e del metodo di macinazione.

§ 25.

È raro che l'Architetto si trovi nella circostanza di dover innalzare un mulino di pianta, dove prima non ne esistevano altri. E quando pure si fabbrichi un mulino nuovo, il più delle volte si rileva sulle rovine del vecchio.

Quando si ricostruisce un mulino, d'ordinario si riproduce collo stesso numero di macini e si profitta della cascata e quantità d'acqua che aveva prima. L'Architetto allora non ha a far altro che *governare l'acqua e la cascata poste a sua disposizione nel modo che riescir debba possibilmente il più utile.*

D'ordinario il numero de' macini è regolato in guisa che l'acqua è sufficiente, ma non si ha proporzionata materia da macinare, o diversamente,

si ha grano che basta in relazione al numero de' macini, ma si scarpeggia d'acqua. Si incontrano però anche dei mulini, i quali per il numero di macini di cui sono forniti mancano costantemente più d'acqua che di grano, ed altri in cui avviene l'opposto. Rarissimo poi è l'imbattersi in mulini che avendo il bisogno d'acqua e di grano sieno in difetto di macini.

In quest'ultimo caso sarebbe vantaggioso l'aumentare il numero de' macini. L'aumento può essere utile anche in altre evenienze; e quando non si oppongano legali impedimenti, la cascata e la quantità d'acqua per lo più essendo già stabilite, non resta che determinare il modo di *usarne colla maggiore convenienza*.

Può succedere eziandio di essere chiamati ad elevare un mulino di pianta, o ricostruirne uno preesistente, in diversa situazione, e fors'anche variando la cascata e la quantità d'acqua da applicarvi.

Ben di spesso, per ischivare contestazioni, e per altri motivi, si consulta il parere degli intelligenti, il quale dipende parimenti dalla scienza delle dimensioni più convenienti alla forza di cui si può far conto.

L'oggetto principale però è sempre quello di determinare col calcolo il mezzo di impiegare più utilmente che sia possibile tanto l'acqua che il salto.

§ 26.

Nella pratica ordinaria, è uso pressochè generale di determinare la quantità d'acqua necessaria ad un mulino, dalla sezione dell'acqua che scorre tra le paratoje, o che sovrasta alla soglia. Ben con ragione si avrebbe dovuto dismettere da lungo tempo l'usanza di determinare la misura dell'acqua in qualunque caso particolare in ragione di superficie, essendo fuor di dubbio che le quantità d'acqua stanno fra loro come le sezioni moltiplicate per le velocità dell'acqua stessa (1). Cosicchè, per esempio, se da una sezione di 8 unità quadrate colla velocità di 2 unità lineari per secondo passano nello stesso tempo sedici unità cubiche d'acqua, da questa stessa sezione con quattro unità lineari di velocità, scorrerà una quantità doppia di acqua, ossia 32 unità cubiche. Lo stesso accade anche per quelle luci donde l'acqua scaturisce per pressione, e poichè quivi stanno le velocità come le radici quadrate delle altezze prementi, così anche le portate, ossia le quantità d'acqua erogate in uno stesso tempo stanno come le sezioni delle luci moltiplicate per le radici delle altezze. Perciò, a dimo-
stra-

(1) V. De-Regi, *Uso della tav. parab.* Cap. I ed il § 58 e seg. del Supplem.

zione di esempio, se una luce, o bocca con due unità lineari di battente eroga ad ogni minuto secondo dieci unità cubiche di acqua, la stessa luce in pari tempo, con tre unità lineari di battente deriverà 12 unità cubiche ed $\frac{1}{4}$ e con 4 unità lineari di battente $14 \frac{1}{8}$ unità cubiche.

Sarei troppo diffuso se volessi dimostrare quivi come si possa scandagliare la velocità dell'acqua, rilevare la sezione del canale, calcolarne la portata, e simili, rimando perciò i miei lettori al pregiatissimo libro degli elementi di idraulica del sig. prof. Venturoli, alle tavole paraboliche del P. De-Regi, e al lodato Manuale di meccanica e di idraulica di Eytelwein il quale sarebbe desiderabile che fosse conosciuto da tutti coloro che per proprio istituto o possono essere incaricati, o vogliono altrimenti occuparsi di somiglianti ricerche. Per gli Ingegneri sarebbe quest'ultimo un libro di grandissimo giovamento, anche per tutti gli altri rami della meccanica.

§ 27.

La fig. 30 rappresenti il profilo di una ruota a doccia piana e la fig. 31 rappresenti il profilo di una ruota a doccia curva. In queste figure distingueremo con

AA' Il pelo della gora, o canale alimentatore.

EE' Il pelo, o specchio d'acqua della colta, o canale di rifiuto.

AB L'altezza viva, ossia la misura verticale della soglia sotto il pelo del canale alimentatore.

AC Il battente ossia l'altezza d'acqua sovrastante al lembo superiore dell'apertura della doccia.

CB Altezza netta della loco d'erogazione, o elevazione della paratoja sulla soglia.

BE' Caduta viva, ossia distanza verticale della soglia dalla colta.

AE Caduta utile (altezza e caduta vive, unite) ossia distanza verticale dal pelo di sopra al pelo di sotto. La caduta utile va distinta a bello studio da quella che dicesi comunemente *caduta totale*, intendendosi per essa la pendenza naturale di un certo tratto del fiume, o del canale in cui vuolsi erigere il molino. La *caduta totale* si distingue in *caduta effettiva*, e *caduta utile*, e questa ancora in *altezza* e *caduta vive*. — Una men chiara interpretazione di queste definizioni, potrebbe indurre agevolmente in errori.

Chiamisi ancora fig. 30.

AD Altezza dovuta alla velocità dell'acqua urtante ossia l'altezza perpendicolare dal pelo d'acqua superiore, al centro della palmetta posta in

Laz. I.

direzione del raggio della ruota, e insistente a perpendicolo sul fondo della doccia.

Nella fig. 31 poi

AD , ossia l'altezza dovuta alla velocità è la distanza verticale dal pelo d'acqua superiore al centro della prima palmetta urtata.

DF indica l'altezza dell'arco immerso, ossia la verticale dal punto estremo al mezzo dell'acqua che si sfoga all'estremità inferiore della curva.

Siccome d'ordinario l'acqua della colta, ossia del canale inferiore or monta, or cala dietro la doccia, e di raro si mantiene un pezzo ad una medesima altezza, perciò quindi innanzi per le docce piane uguaglierò l'altezza dovuta alla velocità a tutta la cascata utile, e per le docce curve la uguaglierò all'altezza dovuta alla velocità, unita all'altezza dell'arco immerso. Poco importa, e il calcolo non va soggetto a modificazioni, quand'anche le palmette peschino abbondantemente nell'acqua di sotto, che è caso ordinario allorchè le acque soverchiano il bisogno. È trascurabile eziandio la piccola diminuzione dell'altezza dovuta alla velocità, essendo compensata questa perdita dalla maggiore quantità dell'acqua. — Di rado ad acque mezzane si lascia un inutile intervallo tra il pelo ordinario e le palmette più basse, e sembra meglio ad acque scarse di incurvare la doccia più che sia possibile, o godere meglio che si può dell'altezza dovuta alla velocità, in quanto ciò sia fattibile senza notabile vantaggio in tempo d'acque mezzane.

Quantunque le riferite ipotesi non raggiungano il grado di precisione matematica, pure sono esatte quanto basta per poterne usare negli ordinarij casi di pratica. Il massimo rigore non è possibile per le tante variabili circostanze, e sarebbe di nessun utile senza una più intima amalgama della teoria colla pratica.

§ 28.

Ritenute le cose dette, sia

H tutta la caduta utile;

h l'altezza a cui è dovuta la velocità;

d l'altezza dell'arco immerso;

M la quantità d'acqua valutata in un secondo; inoltre dicasi c la velocità colla quale l'acqua percuote le palmette; v la velocità colla quale si spostano le palmette stesse; γ il peso di un metro cubico d'acqua; wQ il momento della resistenza, inclusovi l'attrito di una coppia di macini, g il numero 4,9044, ossia lo spazio percorso in un secondo da un corpo

cadente liberamente nello spazio; e finalmente P la forza dell'acqua contro la ruota.

Il momento della forza sarà $= vP$, e giusta i noti principj fondamentali della meccanica avremo:

$$vP = wQ.$$

Ora dall'Idraulica di Eytelwein, § 188, formola III si ha per le ruote con doccia arcuata:

$$P = \left(\frac{c-v}{2g} + \frac{d}{v} \right) M\gamma \quad \text{e quindi}$$

$$vP = \left[\frac{(c-v)v}{2g} + d \right] M\gamma$$

e ponendo $v = \frac{1}{2}c$, avremo

$$vP = \left(\frac{1}{2} \cdot \frac{c^2}{4g} + d \right) M\gamma; \quad \text{ma è}$$

$$\frac{c^2}{4g} = h \quad \text{per cui anche}$$

$$vP = \left(\frac{1}{2}h + d \right) M\gamma.$$

Pongasi ora $h + d = H$ ed $\frac{1}{2}h + d = \frac{1}{2}H + \frac{1}{2}d$, si avrà altresì

$$vP = \frac{H + d}{2} M\gamma.$$

Si diano ora denominazioni analoghe a quelle suenunciate alle lettere H, h, d, M, c, v , ecc. e troveremo collo stesso andamento di calcolo

$$v'P' = \frac{H' + d'}{2} M'\gamma;$$

ed essendo come si è detto

$$vP = wQ, \quad \text{sarà anche}$$

$$v'P' = w'Q'$$

e supposto che il momento del carico sia uguale per le due coppie di macini, cosicchè sia

$$wQ = w'Q', \quad \text{dovrà essere anche}$$

$$vP = v'P', \quad \text{ossia}$$

$$\frac{H + d}{2} M\gamma = \frac{H' + d'}{2} M'\gamma, \quad \text{cioè}$$

$$(H + d) M = (H' + d') M'$$

donde si cava

$$M = \frac{(H' + d') M'}{H + d}$$

in cui il valore di $(H' + d') M'$ va determinato colle osservazioni.

Pongasi intanto

$$(H' + d') M' = a;$$

e si avrà per le ruote a doccia arcuata

$$M = \frac{a}{H + d}.$$

Facciasi in questa formola $d = 0$, come nelle doccie piane le quali non presentano alcuna concavità in cui possa raccogliersi acqua, cosicchè $H = h$, e per le ruote a doccia piana si ha

$$M = \frac{a}{H} = \frac{a}{h}.$$

Fintanto che le quantità d'acqua necessaria non si sappiano determinare più precisamente colla scorta di sufficienti ricerche e osservazioni, potranno ritenersi per a i seguenti valori, calcolati all'appoggio di mulini già stabiliti e bene ordinati.

Numero progressivo	Condizioni peculiari del mulino	Valore di μ
1.	Pei mulini scarai d'acque, e in cui tutto è regolato colla maggiore semplicità e leggerezza possibile, e le macine sono di nove palmi ad un metro di diametro.	0. 825
2.	Pei mulini che di quando in quando scarseg- giano bensì d'acque, ma in tutto il rimanente del tempo hanno acque e lavoro a sufficienza, e son quindi costrutti con qualche maggiore ro- bustezza, e le macine hanno un metro ad 1,12 di diametro	1. 100
3.	Pei mulini ben forniti d'acque, e dove si macina di continuo, e il tutto vi è eseguito con molta robustezza, e le mole sono di met. 1. 12, alli 1. 24 di diametro.	1. 375
4.	Finalmente pei mulini aventi in ogni doc- cia più d'una ruota, e queste non ben rasenti al fondo della doccia, come nei mulini da fiume	1. 560

Nei primi casi si può calcolare con vicina approssimazione, che giornalmente sieno macinate dalle sode 8,75 alle 10,90 di farina sottile, e negli ultimi dalle 10,90 alle 13,20.

Quand' anche si incontrassero dei mulini pei quali il valore di μ fosse assai più grande, non si dovrà perciò dire che i valori da noi assunti sieno troppo piccoli, giacchè essi sono dedotti da casi reali, per cui questo prodotto non deve essere necessariamente maggiore, quando le cose sieno ben regolate, a meno che non s'intromettano circostanze le quali inducano variazione, come sarebbe la diversa natura delle pietre e del grano, forse anco il metodo di molitura, e cose simili.

Se si volesse istituire questo computo in via assoluta alloraquando una teoria più completa ci somministrasse risultamenti più precisi sulla quantità d'acqua necessaria, e sugli altri elementi del problema converrebbe ordinare una serie di osservazioni e quindi fissare per ogni sezione il valore di μ . — Quelli offerti nella tabella, come si è già detto, furono ricavati da osservazioni sopra mulini ben regolati, in cui si macinava grano scelto, e con buone mole, ma non per questo non si vuol darlo per norma universale.

Abbiamo veduto nell' antecedente paragrafo che per una coppia di macini mossa da ruota a doccia curva, si ha

$$M = \frac{\omega}{H + d}.$$

Chiamando W la quantità d'acqua occorrente per N coppie di macini, si avrà

$$W = NM, \text{ ossia}$$

$$\text{I.} \quad W = \frac{N \omega}{H + d}.$$

Ed essendo altresì $H = h + d$; e quindi $d = H - h$, avremo

$$W = \frac{\omega N}{2H - h}, \text{ ossia}$$

$$2HW - hW = \omega N, \text{ oppure}$$

$$2HW = \omega N + hW, \text{ quindi}$$

$$\text{II.} \quad H = \frac{\omega N}{2W} + \frac{1}{2}h = \frac{1}{2} \left(\frac{\omega N}{W} + h \right).$$

Dalla I. si desume eziandio

$$\text{III.} \quad N = \frac{(H + d)w}{\omega}$$

dove ω può determinarsi in qualunque caso col mezzo dei valori della tabella del paragrafo precedente.

L'uso di queste espressioni verrà meglio dimostrato con applicazioni a casi pratici.

APPLICAZIONE 1.^a

Si abbia un mulino di quattro palmenti, colla caduta utile di met. 1. 89 (sottratta dalla caduta totale l'inclinazione del tratto d'alveo superiore necessaria al corso dell'acqua) dei quali 0. 46 è l'altezza dell'acqua sulla soglia della bocca, ossia l'altezza viva, e gli altri met. 1. 34 costituiscono l'altezza dell'arco della doccia. — Si vuole determinare la quantità d'acqua bisognevole nel secondo caso della tabella dell' antecedente paragrafo?

Nel caso attuale abbiamo $N = 4$, $\omega = 1,10$, e d'ordinario si può calcolare che il centro della prima palmetta rotata sia situato 15 centimetri sotto il livello della soglia; che quindi sia $h = 0. 61$, e $d = 1. 24$; ciò

posto, la quantità d'acqua occorrente sarà

$$W = \frac{4 \cdot 1,10}{1,85 + 1,24} = 1,42 \text{ metri cubici.}$$

APPLICAZIONE 2.^a

Quale sarà la caduta utile necessaria per un mulino a tre palmenti, posto sopra un canale della portata di metri cubici 1,50 al secondo, ritenuto che alla velocità debba competere l'altezza di sei palmi, e che il mulino abbia le condizioni specificate nel terzo caso dell'antecedente tabella,

Abbiamo $N = 3$, $W = 1,50$, $h = 0,60$ ed $\alpha = 1,375$; quindi la caduta necessaria sarà

$$H = \frac{1}{2} \left(\frac{1,375 \cdot 3}{1,50} + 0,60 \right) = \text{metr. } 1,67.$$

APPLICAZIONE 3.^a

Si vuole stabilire un mulino sopra un fiume la cui portata dietro gli opportuni scandagli fu trovata di metri cub. 1. 65 d'acqua ogni minuto secondo, e la caduta, tolta la pendenza necessaria al corso dell'acqua rimane ancora di metri due. — D'altronde le doccie devono essere curvilinee, con un piede e mezzo di acqua viva soprastante, e si può calcolare le acque essere per lo più sufficienti, ad eccezione di pochi casi in cui scarseggiano. — Si domanda quanti macini potranno attivarsi.

Abbiamo quivi $W = \text{met. cub. } 1. 65$; $H = 2,00$; $d = 1,38$ (ritenuto quello che si è detto nell'applicazione 1.^a) ed $\alpha = 1,10$.

Fatte le sostituzioni, ed eseguiti i calcoli necessari, avremo il numero dei macini rappresentato da

$$N = \frac{(2 + 1,38)}{1,10} \cdot 1,65 = 5,07$$

dove naturalmente il rotto si trascura. Che se il rotto non fosse trascurabile per la sua grandezza, come sarebbe per es. se superasse il terzo, allora dovrebbe dipendere dalle circostanze il decidere se si abbia a istituire una coppia di macini di più, per servirsene nelle abbondanze d'acqua. Si potrebbe valersene eziandio per animare un palmento da mondar orzo, od un *pistatojo*, per i quali poca acqua è sufficiente.

Osservazione. — Queste formole possono applicarsi anche ai mulini con

ruote a cassette, osservando, che allora l'altezza dell'arco immerso diventa uguale al diametro della ruota. Se le ruote sono basse, e senza mantello siccome allora si vuotano prima, così si può tralasciare di mettere a calcolo tutta l'altezza dell'arco immerso. L'Eytelwein al § 181 della sua Idraulica stabilisce a $\frac{5}{6}$ del diametro della ruota l'altezza della colonna d'acqua premente che si deve calcolare. Nelle ruote alte il versamento delle cassette succede più tardi che non in quelle basse, ed in proporzione del loro diametro; per ciò le ruote alte vengono armate con pale più strette, ed in proporzione della quantità d'acqua hanno le palmette più profonde delle ruote basse. Nelle ruote a pale non si lascerà di osservare; che quando mancano di cappa, per avere l'altezza dell'arco immerso, si diffalcano 45 centimetri di raggio medio. — La stessa quantità deve essere sottratta anche da H , giacchè va perduta senza che possa venire menomamente utilizzata.

Applicazione. — Si ha un ruscelletto con sei metri ed un quinto di caduta utile e della portata di un terzo di metro cubico. Si vuole erigervi un mulino lasciando 45 centimetri d'acqua viva sopra la soglia, e siccome in tempo di siccità l'acqua corre scarsa, si vogliono impiegare pietre di moderate dimensioni, e tutto il meccanismo dev'essere svelto e leggero più che sia possibile. — Si cerca quanti palmenti potranno attivarsi?

Dedotta l'altezza viva dell'acqua nel canale superiore, fissata a 45 centimetri, la grossezza del fondo della doccia ad altri otto centimetri, lo spazio libero sotto il piano della doccia, pure di otto centimetri, le ruote potranno avere ancora l'altezza di metri 5. 50, e siccome abbisognano altri 15 centimetri a formare la larghezza della periferia della corona, sino al centro delle palmette, perciò il diametro del tamburo della ruota sarà di met. 5. 25, e l'altezza dell'arco immerso, detratti altri 48 centimetri in causa del versamento delle cassette che avviene prima di avere compita un'intera rivoluzione, residuerà $d =$ metri 4. 80. — E finalmente avremo $H =$ metri 5. 65 e $W =$ met. cub. 0,33.

Sostituendo questi valori nella formola generale, il numero dei palmenti sarà di

$$N = \frac{(5,65 + 4,80) 0,33}{0,825} = 4,18, \text{ quindi potrà ritenersi pro-$$

simamente $N = 4$.

Noi non abbiamo calcolato che debba rimanere alcuno spazio tra la ruota, e il pelo d'acqua del canale inferiore. È vantaggioso di fare che l'intromissione dell'acqua nelle cassette avvenga in modo che la ruota giri nella

direzione che si scarica l'acqua. Del resto, tanto una piccola diminuzione per quest' oggetto, quanto l'aggiunta di 45 centimetri per la cappa, non recheranno alcun divario nei risultamenti, se pure non si lascerà scorgere nel quantitativo della molitura. Si può ancora avvertire di passaggio, che riuscirebbe assai più vantaggioso di applicare i quattro palmenti a sole due ruote.

§ 30.

La quantità d'acqua necessaria ad animare una coppia di macini, con una ruota a doccia piana, abbiamo veduto al § 29 potersi rappresentare colla formola

$$M = \frac{N}{H},$$

e quindi la quantità d'acqua W per N coppie di macini sarà

I.
$$W = \frac{N}{H} \quad \text{dove}$$

II.
$$H = \frac{N}{W}, \quad \text{ed}$$

III.
$$N = \frac{H W}{1}$$

APPLICAZIONE 1.ª

In un canale colla caduta di 75 centimetri si vorrebbe erigere un mulino a quattro macini. L'acqua corrisponde sempre al bisogno, e il grano non manca mai; le pietre sono del diametro di metri 1,25. Quale sarà la quantità d'acqua di cui dovrà essere provveduto il canale?

Abbiamo $H = 0,75$, $N = 4$ ed $w = 1,375$ e quindi la quantità di acqua necessaria sarà

$$W = \frac{1,375 \cdot 4}{0,75} = 7,33 \text{ met. cub.}$$

APPLICAZIONE 2.ª

Si ha un canale della portata di metri cubici 4,50 di acqua, e si cerca quale sarà la caduta necessaria per un mulino a tre macini nel supposto che si abbia un concorso sufficiente, ma che talvolta scarseggi l'acqua, e le macine debbano avere il diametro di un metro.

L. I.

5

In questo caso si ha $\alpha = 1,100$, $N = 3$ e $W = 4,50$ per cui la caduta che si cerca sarà

$$H = \frac{1,10 \cdot 3}{4,50} = \text{met. } 0,73.$$

APPLICAZIONE 3.^a

In un canale della portata di 15 metri cubici d'acqua al minuto secondo, e colla caduta utile di 6 palmi, si vuol fabbricare un mulino, determinando il numero de' macini sui dati del quarto caso della tabella del § 28.

Quivi si ha $\alpha = 1,56$, $H = 0,60$ e $W = 15$; epperò il numero de' macini sarà

$$N = \frac{0,60 \cdot 15}{1,56} = 6 \text{ prossimamente.}$$

Si deve però osservare che le docce plane di rado si fanno orizzontali, ma si dà loro la pendenza di mezzo metro a tre quinti di metro, del resto il fondo discende in linea retta dalla soglia, cosicchè le palmette che insistono al medesimo, pescano tutto al più per la metà della loro lunghezza. L'estremità della doccia rimane da tre a cinque palmi sotto il pelo del rifiuto, in proporzione della sua lunghezza (V. la fig. 9, Tav. I).

§ 31.

Abbiamo veduto al § 28 che la quantità d'acqua necessaria ad animare un ritrecine a doccia incurvata applicato ad una coppia di macini, è rappresentata da

$$M = \frac{\alpha}{H + d}.$$

Ora per un caso particolare si ritenga α costante, e si tratti di determinare la quantità di acqua necessaria, colla condizione che sia la minima possibile: la somma $H + d$ dovrà essere possibilmente un massimo. — Che se la H sarà anch'essa determinata dalla disposizione del suolo, e da altre circostanze, allora non rimarrà di variabile che la d , e si tratterà soltanto di renderla grande più che si può.

Ma essendo $H = h + d$, la d sarà un massimo, quando la h sarà un minimo. E siccome il valore di quest'ultima è rappresentato dall'altezza viva dell'acqua, e dalla distanza verticale della soglia al centro di gravità della prima palmetta urtata, ne viene di conseguenza che allorquando

si voglia impiegare l'acqua alla macinazione nella maniera più vantaggiosa, si dovrà ripartire la caduta in modo che l'incurvamento della doccia riesca più grande che sia fattibile, ma che per la pendenza dell'alveo e la caduta tra la soglia e la prima palmetta urtata rimanga solo quanto è *assolutamente* indispensabile per la costruzione della doccia e della ruota, e per l'introduzione dell'acqua.

L'altezza della soglia al disotto del pelo d'acqua superiore dovrebbe determinarsi col mezzo del § 106 del rammemorato Manuale d'idraulica dell'Eytelwein, dove rappresentando con b la larghezza e determinando il valore di α per ogni caso speciale mediante il § 100 dello stesso Manuale, si trova la richiesta altezza

$$h = \sqrt[3]{\left(\frac{M}{\frac{2}{3} \alpha b}\right)^2}.$$

Ma questa formola supporrebbe una portata invariabile, cioè che il pelo d'acqua del canale superiore non dovesse mai elevarsi nè deprimersi. Siccome però la quantità d'acqua stabilita può valere soltanto al caso di acque mezzane, giacchè ad acque abbondanti ora in causa del regurgito, ora per altre cause è condotta di frequente ad un punto troppo alto della ruota, perciò la soglia deve giacere più profonda; e se il pelo d'acqua superiore non può abbassarsi, si approfitta della pressione.

Per ciò che riguarda la caduta fra la soglia e la prima palmetta sottoposta all'urto, questa si dovrà tener grande a segno, che l'acqua dalla bocca alla ruota acquisti una direzione tale per cui giunga a percuotere le palmette tangenzialmente alla ruota, onde non resti diminuita quella parte del momento meccanico che dipende dalla percossa.

Da ultimo è pur necessaria una tal quale velocità del ritrecine per l'interna struttura del mulino, e questa non dev'essere minore, quando non si intromettano altri ostacoli, di quanto basti ordinariamente a sorpassare il vantaggio del massimo momento meccanico. Questa velocità del ritrecine dipende dalla velocità dell'acqua, e può prendersi, quando non è necessario che quest'ultima sia più piccola, eguale a quella che è devoluta all'altezza di sei palmi.

Per le cause accennate, la pendenza di mezzo metro e 15 centimetri di caduta dalla soglia al centro di gravità della prima palmetta urtata, saranno il meno che si possa assegnare all'altezza cui è dovuta la velocità, e questa dedotta dalla caduta utile, darà la massima altezza dell'arco della doccia. Difficilmente occorre pei mulini da grano una velocità maggiore di quella dovuta all'altezza di tre quarti di metro, cosicchè si possono stabilire i suoi limiti dai 60 alli 75 centimetri.

Altre macchine, e singolarmente quelle in cui una gran parte dell'effetto è riposta nel numero determinato de' giri del ritrecine, esigono altresì differenti disposizioni della doccia.

§ 32.

La quantità d'acqua necessaria per una coppia di macini mossa da un ritrecine a doccia curva essendo

$$= \frac{u}{H + d},$$

e nel caso di doccia piana

$$= \frac{u}{H}$$

staranno le dette quantità d'acqua come

$$\frac{u}{H + d} : \frac{u}{H}.$$

Siccome poi a caduta eguale, ed assunto uno stesso valore per u la prima quantità d'acqua è più piccola della seconda, ne viene di chiara conseguenza, che si dovrà prescegliere la doccia curva ogni qualvolta si possa appena, cioè quando la caduta sia sufficiente.

Quando fu stabilito coll'antecedente paragrafo che la pendenza necessaria per un mulino è di mezzo metro ai 60 centimetri, e che dalla soglia al centro di gravità della prima palmetta percossa correr deve la caduta di altri 15 centimetri, fu detto altresì che s'incomincia a far uso della doccia curva fra i limiti di 60 alli 75 centimetri. — Che se la caduta sarà maggiore si potrà dare all'alveo quell'inclinazione tra li 30 e li 45 centimetri che si reputerà più vantaggiosa secondo le circostanze e si assegnerà il rimanente all'arco della doccia.

Per determinare la caduta necessaria, data che sia la portata del canale ed il numero dei macini, colla scorta delle formole n.º II dei §§ 29 e 30, si comincerà a trovare la caduta stessa col sussidio della prima di dette formole, e se questa risulterà maggiore di 60 centimetri fino alli 75 si potrà adottare la doccia curva, compiendo poi le necessarie calcolazioni colle formole del § 30.

APPLICAZIONE 1.^a

Un canale somministra sei metri cubici d'acqua ogni minuto secondo: si cerca quale sarà la caduta necessaria per un mulino a tre palmenti da erigersi sotto le condizioni espresse al n.° 2 della tavola del § 28?

Assumendo la formola n.° II del § 29, cioè

$$H = \frac{u \cdot N}{2 \cdot W} + \frac{h}{2},$$

e sostituendo alle quantità generali i valori numerici dati di $N = 3$, $u = 1,100$ e $W = 6.00$, e supposto $h = 0,60$ si ha la caduta totale

$$H = \frac{1,10 \cdot 3}{2 \cdot 6} + \frac{0,60}{2} = \text{met. } 0,57.$$

APPLICAZIONE 2.^a

In un ruscello della portata di 2.70 metri cubici ad ogni minuto secondo si vorrebbe stabilire un mulino a tre macini alle condizioni del n.° 2 della tavola del § 28, si domanda la caduta occorrente.

Nella formola del § 29 poc' anzi adoperata si sostituiscano i seguenti valori:

$$u = 1,10; N = 3; W = 2,70$$

e la caduta occorrente sarà espressa da

$$H = \frac{1,10 \cdot 3}{2 \cdot 70} = \text{met. } 1,22.$$

Si scorge di leggieri che in questo caso si potrebbe scegliere la doccia curva. Si calcoli adunque colla formola del § 29, e posto $h = 0,60$ si otterrà la caduta bisognevole

$$H = \frac{1,10 \cdot 3}{2 \cdot 2,70} + \frac{0,60}{2} = \text{metr. } 0,92.$$

I risultamenti del calcolo mostrano chiaramente, quale disposizione, e quale delle additate formole convenga applicare.

§ 33.

La ruota di fianco non è che una ruota a palmette che gira in una doccia il cui arco è alto quasi come il raggio della ruota, attalchè tutte le

calcolazioni fin qui dimostrate, possono applicarsi convenientemente anche alle ruote di fianco. Per queste pure adunque riescirà utilissimo che l'acqua si pigli al punto possibilmente più elevato della ruota, affinchè il valore di $H + d$ si mantenga sempre più grande che sia fattibile.

In generale è meno facile lo stabilire quale sia l'altezza della caduta alla quale si debba incominciare a preferire la ruota a cassette, giacchè in quest'ultima il valore di $\frac{e}{H + d}$ può uguagliare quello necessario per le ruote a palmette, e d'altronde nella costruzione dei nostri mulini l'ampiezza delle ruote influisce ben poco quando però non si oltrepassi un certo limite.

Le ruote a cassette si fanno dalli metri uno e mezzo fino alli 7 e 9 metri di diametro. Alle prime occorre una caduta di circa metri 2,30 per la pendenza dell'alveo, per la grossezza del fondo della doccia e per l'agio della ruota.

Che se la ruota a cassette sarà di quelle basse e senza grembiule, girevole controcorrente, converrà lasciarle inferiormente un'aria di otto centimetri almeno, affinchè l'acqua della gora inferiore montando non faccia resistenza alla ruota che si muove in direzione opposta alla corrente. Quest'aria, od agio tra la ruota e il fondo nei valori di H e d non figura. Siccome poi l'altezza della colonna d'acqua premente può farsi eguale soltanto al diametro della periferia media della ruota, così anche l'intervallo tra la periferia esterna della ruota, e l'interna non entra in calcolo, e nel nostro caso questa quantità importa tanto più, in quanto che i quarti della ruota debbono tenersi assai larghi. Finalmente le ruote piccole si vuotano più speditamente delle grandi perchè le cassette d'ordinario s'empiono troppo. Nell'osservazione al § 29 si era calcolata la deduzione di 45 centimetri dell'altezza verticale dell'arco immerso per l'anticipato versamento. Nel caso attuale si calcoli tutta la caduta a met. 2,30, indi si levi un palmo per l'intervallo della ruota superiormente al pelo della gora; altri due palmi per la distanza tra la periferia interna e l'esterna, e 4 palmi e mezzo per l'anticipato vuotarsi delle cassette; e così in tutto sette palmi e mezzo, di modo che rimarrà da calcolarsi $H = 2,30 - 0,75 = 1,55$. Finalmente una ruota di un metro e mezzo, ha un solo metro ed un quinto di diametro interno, e quindi levati quattro palmi e mezzo per l'anticipato rovesciarsi dell'acqua, rimane $d = 1,20 - 0,45 = 0,70$. Si prenda per termine medio $e = 1,100$ e la quantità d'acqua per una coppia di macini sarà

$$M = \frac{1,100}{1,55 + 0,75} = \text{met. cub. } 0,476.$$

Che se il calcolo fosse stato istituito per una ruota di fianco a doccia alta ed incurvata, con quattro palmi e mezzo di altezza viva d'acqua o sei palmi di altezza dovuta alla velocità, allora si avrebbe $H = 2,30$ e $d = 1,70$; e la quantità d'acqua necessaria sarà

$$M + \frac{1,100}{2,30 = 1,70} = \text{met. cub. } 0,275.$$

Ragguagliando le due quantità d'acqua, starà quest'ultima alla prima nella proporzione di

$$275 : 476 = 15 : 26.$$

Si noti poi anche, che oltre tante altre imperfezioni delle ruote a cassette assai basse, la cui enumerazione sarebbe troppo lunga, le ruote alte hanno il vantaggio per la loro mole di assumere un movimento più uniforme in confronto di quelle basse, oltredicchè colle prime si accorda meglio anche l'interna disposizione del mulino: non è quindi maraviglia, se i mulini con ruote a cassette assai basse, non rendono al più che la metà di quanto se ne attende, e di quello che si otterrebbe adoperando ruote di fianco. Tuttavolta in pratica finora si è preferita comunemente la ruota a cassette assai bassa, alla ruota di fianco.

E per verità, anche la ruota bassa a cassette può impiegarsi con vantaggio, quando sia munita della cappa e si combini il suo moto in direzione a quello della corrente. In tal modo può essere eliminata forse la metà delle sue imperfezioni, ma possono esserne introdotte anche delle nuove, per cui a definirla in breve, le ruote di fianco meritano sempre la preferenza.

Ciò posto, sarebbe ben fatto, che nei mulini non s'impiegassero ruote a cassette alte meno di met. 2,50, fornite di cappa e girevoli verso corrente; in tutte le circostanze poi le ruote dovranno farsi più alte che sia possibile. Per una ruota a cassette alta metri 2,50 abbisognano per lo meno tre metri di caduta utile.

Le docce curvilinee quindi dovrebbero impiegarsi nelle cadute comprese fra i limiti di met. 0,75 alli met. 3,00.

§ 34.

Un mulino di quattro o più palmenti, che si volesse eseguito con meccanismo semplice, e con ciascuna ruota a doccia appartata, dovrebbe avere le esterne porzioni d'albero delle ruote più lontane assai lunghe, cosicchè conviene in simili casi collocare più ruote in una stessa doccia. È raro che possano collocarsi più di tre ruote ciascuna in una doccia separata.

Nei mulini natanti tutte le ruote, che d'ordinario sono due, e fino quattro, si collocano in una sola doccia e possono, come fu notato al § 6, alzarsi o profondarsi secondo lo richiede il bisogno, ed usualmente ogni ruota anima due coppie di macini. Con tale artificio non è poca la spesa che si risparmia nella costruzione delle docce.

Dove però l'acqua iscarseggia di frequente, o patisce ringorgo non è sempre miglior partito l'appigliarsi al meccanismo dei mulini natanti, e potrebbe convenire piuttosto l'uso delle docce a ruote fisse, quand'anche il mulino dovesse avere fino a sei macini. I motivi saranno sviluppati minutamente nel seguito dell'opera.

Si è già detto di sopra che rare volte si pongono più di tre docce l'una di fianco all'altra. Si incomincia dall'accoppiare le ruote due a due: così se le ruote sono quattro, se ne mettono due in una doccia, ed una per ciascuna delle altre; se sono cinque, se ne colloca una solitaria, le altre si accoppiano; se le ruote sono sei, si dispongono due per doccia. Di rado si mettono più di due ruote in una doccia.

Quando due ruote girano nella stessa doccia, il loro moto è regolato da una sola cateratta, cosicchè nella loro azione dipendono sempre l'una dall'altra, ed arrestando l'acqua per fermarne l'una, si ferma anche l'altra. Volendo che la seconda si muova indipendentemente dalla prima, si contrastano le braccia di quest'ultima con un traverso di legno calzato fermamente tra le pareti della doccia in modo che la ruota rimanga immobile quand'anche l'acqua urti le sue palmette. Per altro la ruota soffre non poco, e le ruote con palmette molto ricurve, non potrebbero altrimenti essere adoperate. Senza enumerare le incomodità che si incontrano anche nella macinazione, si vede facilmente, che tale apparato è assai imperfetto.

Sarebbe quindi assai meglio di applicare doppie macini ad un ritrecine, o se le circostanze lo disdicono, potrebbesi almeno adottare un congegno a mo' di quello che serve a' mulini da fiume per poter trarre la ruota dall'acqua. Questa ruota pensile non esigerebbe il dispendio e la robustezza delle ordinarie ruote da fiume. Si potrebbe immaginare altresì un meccanismo più semplice e più economico, non avendo quivi individuato il congegno delle ruote pensili se non perchè ad esse comunemente si ricorre in consimili occorrenze.

Veramente avrebbesi dovuto applicare in entrambi i casi il meccanismo a doppio ingranaggio, sebbene, segnatamente nell'ultimo caso, tanto ad essere attivato, che a mantenerlo, costi di più del congegno semplice, e produca altresì un attrito maggiore: ma questi ultimi vantaggi non meritano per verità alcuna considerazione a fronte degli incomodi che accompagnano l'apparato surriferito.

§ 35.

Perchè tutti i palmenti animati da ruote collocate in una stessa doccia, diano un risultamento identico, bisogna che il ripartimento della caduta, e la disposizione del fondo della doccia non sieno uniformi. Dovendo la velocità della prima ruota pareggiare la metà della velocità dell'acqua urtante, come si richiede per avere il massimo effetto, l'acqua scappa dalla prima ruota con una metà soltanto della velocità che aveva prima dell'urto, e giunta alla seconda, deve avere riacquistata tanta velocità da poter produrre in essa un effetto meccanico pari a quello della prima.

Questa è una proprietà delle docce a fondo curvo, od inclinato. Nelle docce orizzontali, per ottenere da tutte le ruote il medesimo maggior effetto possibile, bisogna che le velocità delle ruote si facciano disuguali. Questa dottrina trovasi enunciata ne' §§ 191 e 192 dell'Idraulica d'Eytelwein. Secondo lui, se si esprima con c la velocità dell'acqua che urta la prima ruota, e sia v la velocità impressa alla medesima; v' quella della seconda e v'' quella della terza, la velocità delle prime due ruote sarà espressa

per la prima da $v = \frac{4}{5} c$

per la seconda da $v' = \frac{1}{2} v = \frac{2}{5} c$

e nel caso di tre ruote

la velocità della prima sarà indicata da $v = \frac{25}{29} c$

quella della seconda da $v' = \frac{20}{29} c$

e quella della terza da $v'' = \frac{10}{29} c$

Le velocità quindi delle ruote poste difilatamente in una doccia orizzontale, è espressa dalla proporzione, che nel caso di due ruote è

$$v : v' = \frac{4}{5} : \frac{2}{5} = 2 : 1$$

nel caso di tre

$$v : v' : v'' = \frac{25}{29} : \frac{20}{29} : \frac{10}{29} = 5 : 4 : 2.$$

Siccome però la celerità delle ruote in questo caso è troppo disparata, perchè non abbia di leggieri a soffrirne nocimento la buona disposizione

Lm. I.

interna del mulino affine di ottenere che le macchine girino tutte uniformemente, perciò questa legge di rado viene osservata, e poichè più ruote in una stessa doccia orizzontale esigono già per sè stesse una notevole quantità d'acqua, perciò si praticano alcune regole, in quanto lo permette il buon compartimento interno, colle quali si ottiene che la pietra mobile di ciascun palmento successivo compia un maggior numero di giri intanto che la ruota fa un'intera rivoluzione, e secondo che ciascuna ruota successiva gira più lenta; del resto, si attribuisce d'ordinario alla prima ruota la metà incirca della velocità dell'acqua motrice, e la si tiene sollevata in modo sul fondo della doccia, che una quantità d'acqua possa scorrervi per disotto infruttuosa, e andar in sussidio alla seconda ruota. Lo stesso artificio si ripete con ciascuna delle ruote successive. Questo apparato non è dei più vantaggiosi; però è ben raro che si mettano parecchie ruote in una stessa doccia orizzontale; ed in ogni caso ciò può convenire soltanto ne' mulini a ruote pensili, in cui non si guarda tanto per sottile se le ruote girino proprio rasente il fondo, ciò che non è poi sempre possibile. Il quarto valore della tabella al § 28 fu stabilito appunto per questo caso.

§ 36.

Per determinare il compartimento della caduta di una doccia a fondo curvo, o pendente, nella quale debbano collocarsi diverse ruote l'una dopo l'altra, si assuma la fig. 33, e sia

$AB = h$ l'altezza dovuta alla velocità per la prima ruota;

$BC = d$ l'altezza dell'arco immerso per questa medesima ruota;

$CD = h'$ l'altezza verticale dal centro della palmetta infima della prima ruota al centro della prima palmetta urtata della seconda ruota;

$DE = d'$ l'altezza dell'arco immerso per la seconda ruota;

$EF = h' = CD$ la stessa altezza dalla seconda alla terza ruota, dalla terza alla quarta, e così via;

$FG = d' = DE$ similmente l'altezza dell'arco immerso per la seconda, la terza, ecc. ruota;

n il numero delle ruote poste difilatamente nella stessa doccia;

H la caduta utile totale;

c la velocità dell'acqua percuziente nella prima ruota;

c' la velocità dell'acqua all'urtare nella seconda, terza, ecc. ennesima ruota;

v la velocità della prima ruota;

v' la velocità della seconda, terza, ecc. ennesima ruota;

M la portata dell'acqua in un secondo.

Dal § 28 si ha il momento meccanico, o la quantità di moto della prima ruota espresso da

$$P = \left(\frac{(c-v)v}{2g} + d \right) M \gamma$$

e la quantità di moto della seconda, terza ... ennesima ruota è

$$P' = \left(\frac{(c'-v')v'}{2g} + d' \right) M \gamma$$

le quali dovendo essere eguali giusta le surripetute supposizioni, si avrà l'equazione

$$\left(\frac{(c-v)v}{2g} + d \right) M \gamma = \left(\frac{(c'-v')v'}{2g} + d' \right) M \gamma$$

ossia, giacchè la stessa quantità d'acqua che agisce sulla prima ruota, è quella che colpisce la seconda, la terza ..., la ennesima; sarà

$$\frac{(c-v)v}{2g} + d = \frac{(c'-v')v'}{2g} + d', \text{ ed anche}$$

$$(c-v)v + 2gd = (c'-v')v' + 2gd', \text{ e facendo}$$

$$v = \frac{1}{2} c; v' = \frac{1}{2} c', \text{ si avrà}$$

$$\frac{1}{4} c^2 + 2gd = \frac{1}{4} c'^2 + 2gd'.$$

L'acqua abbandona la prima ruota colla velocità v , la quale aumenta nel percorrere lo spazio, od altezza h' , per cui giunge alle palmette della seconda ruota colla velocità (*Mecc. d'Eytelwein*, § 19)

$$c' = \sqrt{v^2 + 4gh'}, \text{ e quindi}$$

$$c'^2 = v^2 + 4gh', \text{ ossia, ponendo}$$

$$v = \frac{1}{2} c, \text{ per cui } v^2 = \frac{1}{4} c^2, \text{ avremo}$$

$$c'^2 = \frac{1}{4} c^2 + 4gh'; \text{ ed}$$

$$\frac{1}{4} c'^2 = \frac{1}{16} c^2 + gh'.$$

Sostituendo questo valore nella precedente equazione, si ha

$$\frac{1}{4} c^2 + 2gd = \frac{1}{16} c^2 + gh' + 2gd', \text{ ovvero sia}$$

$$\frac{3}{16} c^2 + 2gd = gh' + 2gd'.$$

Pongasi ora, giusta la meccanica d'Eytelwein, § 16

$$c = \sqrt{4gh}; \text{ e } c^2 = 4gh; \text{ e quindi}$$

$$\frac{3}{16} c^2 = \frac{3}{4} gh, \text{ si faccia la sostituzione, e si otterrà}$$

$$\frac{3}{4} gh + 2gd = gh' + 2gd', \text{ ossia}$$

$$\frac{3}{4} h + 2d = h' + 2d', \text{ donde si cava}$$

$$1.^{\circ} \quad h' = \frac{3}{4} h + 2d - 2d'$$

$$2.^{\circ} \quad d' = \frac{3}{8} h + d - \frac{h'}{2}$$

Volendo determinare questo valore per un numero n di ruote, ed avendo colle precedenti denominazioni supposto

$$H = h + d + (n-1)(h' + d')$$

sostituendo per h' il suo valore n.° 1.° si ha

$$\begin{aligned} H &= h + d + (n-1) \left(\frac{3}{4} h + 2d - 2d' + d' \right) \\ &= h + d + \frac{3}{4} (n-1) h + 2(n-1)d - (n-1)d' \\ &= \left(1 + \frac{3}{4} n - \frac{3}{4} \right) h + (1 + 2n - 2) d - (n-1) d', \text{ ossia} \end{aligned}$$

$$H = \frac{1+3n}{4} h + (2n-1)d - (n-1)d' \text{ donde}$$

$$\frac{1+3n}{4} h = H - (2n-1)d + (n-1)d' \text{ ed}$$

$$I. \quad h = \frac{4 [H - (2n-1)d + (n-1)d']}{1+3n}$$

Or che è nota la cascata ed il numero delle ruote, e che sono dati, o stabiliti gli incurvamenti a seconda delle circostanze, si potrà calcolare l'altezza dovuta alla velocità della prima ruota col mezzo dell'ultima formola. In seguito colla formola n.° 1 si determina anche l'altezza verticale tra il centro dell'ultima palmetta della prima ruota ed il centro della prima palmetta della ruota seguente; non che la distanza verticale tra la seconda e la terza ruota, tra la terza e la quarta, e così via..

Debbano essere conosciute le altezze dovute alle velocità, il che è tanto più necessario, in quanto che queste, giusta i principj del § 31 vanno prese più piccole che le circostanze lo concedano, per avere gli incurvamenti delle docce più elevati che sia possibile; e questi ultimi si possono determinare a quel modo che si è fatto per le altezze dovute alle velocità. Infatti abbiamo veduto essere

$$H = h + d + (n - 1) (h' + d')$$

sostituendo per d' il suo valore poc' anzi trovato al n.º 2 avremo

$$H = h + d + (n - 1) \left(h' + \frac{3}{8} h + d - \frac{h'}{2} \right)$$

e semplificando

$$H = \frac{3n + 5}{8} h + n d + \frac{n - 1}{2} h',$$

donde

$$n d = H - \frac{3n + 5}{8} h - \frac{n - 1}{2} h', \text{ e}$$

$$\begin{aligned} \text{II.} \quad d &= \frac{H}{n} - \frac{3n + 5}{8n} h - \frac{n - 1}{2n} h' \\ &= \frac{8H - (3n + 5) h - 4(n - 1) h'}{8n} \end{aligned}$$

Determinata con questa equazione la curva per la prima ruota, si troverà anche quella per le successive, facendo uso della formola n.º 2

$$\text{II a)} \quad d' = \frac{3}{8} h + d - \frac{h'}{2} = \frac{3h - 4h'}{8} + d.$$

§ 37.

Nelle docce curve si pongono rare volte più di due ruote alla fila, perchè d'ordinario la caduta che si ha a disposizione non basta ad un numero maggiore, o bastando, potrebbe servir meglio per le ruote a cassette. Infatti se una doccia dovesse avere tre curvature, od archi, ciascuno dell'altezza di sei palmi, con sei palmi di pendenza, o di altezza per la velocità destinata alla prima ruota, e quattro palmi e mezzo per ciascuna delle ruote successive, ci vorrebbe la caduta totale di met. 3,50, la quale, a quanto si è insegnato al § 32 sarebbe più che sufficiente per istabilire una ruota a cassette, per la quale basta anche un'altezza di metri 3,00.

Inoltre, quando occorrono più di due ruote in una doccia, si preferisce d'ordinario il congegno delle ruote pensili, per le quali non occorre che

la doccia si faccia molto incurvata, non derivandone un utile singolare, giacchè le ruote si fanno girare rasenti al fondo.

Se si presentasse il caso di dover scegliere una doccia come quelle da fiume, e a fondo curvo, con tre o più ruote di seguito, non sarà difficile il distribuirle prevalendosi delle formole suesposte. Questo caso però non fa parte di quanto siam presso a trattare, limitandoci noi a dimostrare l'uso delle formole accennate pei casi che si affacciano abitualmente nei mulini con ruote a palmette stabili.

Sia pertanto il numero delle ruote da porsi in una doccia $= 2$, si avrà dalla formola I

$$h = \frac{4 [H - (2n - 1) d + (n - 1) d']}{1 + 3n}$$

$$\text{I.} \quad h = \frac{4 (H - 3d + d')}{7} \quad \text{ed}$$

$$h' = \frac{3}{4} h + 2d - 2d'$$

inoltre dalla formola II si ha

$$d = \frac{8H - (3n + 5)h - 4(n - 1)h'}{8n}, \quad \text{e sostituendo}$$

$$\text{II.} \quad d = \frac{8H - 11h - 4h'}{16}, \quad \text{e}$$

$$d' = \frac{3h - 4h'}{8} + d.$$

APPLICAZIONE 1.^a

Si hanno due ruote da disporre in una medesima doccia a fondo curvo. Tutta la caduta utile monta a metri 2,80; e si vuole che l'altezza del primo incurvamento sia di metri 1,10, e quella del secondo, di 0,90. Si cerca come si dovrà distribuire il resto della caduta, affinchè le due ruote diano risultamenti eguali.

È da notare anzi tutto che se il primo incurvamento è misurato da una saetta FG di met. 1,10 (fig. 32), l'altezza dell'arco sottacqueo sarà soltanto di otto palmi, ossia eguale all'intervallo BC tra il centro della prima palmetta urtata, e quello della palmetta verticale. Così pure, se la saetta della seconda curva HI sarà di nove palmi, l'altezza dell'arco sarà soltanto $DE =$ sei palmi. Quindi la distanza dal labbro della curva al centro della prima palmetta urtata, si ritiene di un palmo e mezzo, e di altrettanto si calcola l'altezza dal centro dell'ultima palmetta al fondo

della doccia. Avviene eziandio che il centro dell'ultima palmetta della seconda ruota, sia a livello del pelo d'acqua ordinario della gora disotto, nel qual caso diventa $AE = h + d + h' + d' = H$.

Abbiamo adunque $H = \text{met. } 2,80$; $d = 0,80$; $d' = 0,60$ e per la formola n.° I, l'altezza dovuta alla velocità

$$h = \frac{4 (2,80 - 3 \cdot 0,75 + 0,60)}{7} = 0,57 \text{ ed}$$

$$h' = \frac{3}{4} \cdot 0,65 + 2 \cdot 0,75 - 2 \cdot 0,60 = 0,82$$

per convincersi dell'esattezza del calcolo si può fare la somma di questi valori, e si avrà

L'altezza dovuta alla velocità	$h = \text{met. } 0,57$
L'altezza dell'arco sottacqueo	$d = 0,80$
L'altezza dovuta alla velocità	$h' = 0,82$
L'altezza dell'arco sottacqueo	$d' = 0,60$

E quindi l'intera caduta utile $H = \text{met. } 2,79$

secondo il dato del problema. Se dunque, come si è detto è $h = 0,57$ l'altezza dell'acqua sopra la soglia sarà palmi 4 e mezzo: e se $h' = 0,82$, la cadente da G ad H , ossia dal punto infimo della prima curva, al ciglio della seconda, dovrà essere di 0,45.

La quantità d'acqua necessaria per il movimento di queste due ruote, chiamando D la somma delle altezze delle curve rispettive, ed usando della formola n.° I, § 29, è rappresentato da

$$W = \frac{2N}{H + D}$$

e nel caso che ciascuna ruota animi un solo palmento sarà

$$W = \frac{2n}{H + D}$$

Per determinare la minima quantità d'acqua bisognevole, ritenendo uguali le altre condizioni, il valore di $H + D$ dev'essere il massimo possibile, e poichè H è dato, basterà che sia un massimo il valore di D .

Ma $D = d + d'$ ed $H = h + h' + d + d' = h + h' + D$, ossia $D = H - h - h'$; quindi D sarà tanto maggiore, quanto più scemeranno i valori di h ed h' .

Si è già accennato al § 31 che la h non può farsi minore di sei palmi, senza nuocere al buon ordinamento interno del mulino.

Il valore minimo di h' sarebbe quello che si otterrebbe se il fondo della doccia corresse orizzontale da G sino ad H (fig. 32), ed allora l'altezza

dal centro dell'ultima palmetta della prima ruota al centro della prima palmetta urtata della seconda ruota, ascenderebbe a tre palmi almeno.

Dunque per ottenere la disposizione più vantaggiosa, si potrà fare $h = 0,60$ ed $h' = 0,30$; e nei casi che l'altezza delle curve non sia vincolata ad altre circostanze, si regolerà la doccia colle risultanze della formola n.° II.

APPLICAZIONE 2.ª

Sia data la caduta di metri 2,63, e debbano collocarsi due ruote in una doccia, in modo che entrambe producano risultamenti uguali, e nello stesso tempo i più vantaggiosi. Quale sarà il ripartimento della caduta?

È dato $H =$ metri 2,63; pongasi inoltre $h = 0,60$, ed $h' = 0,30$ e l'altezza dell'arco immerso per la prima ruota sarà

$$d = \frac{8. 2,63 - 11. 0,60 - 4. 0,30}{16} = \text{met. } 0,83$$

e l'altezza dell'arco sottacqueo della seconda ruota sarà

$$d' = \frac{3. 0,60 - 4. 0,30}{8} + 0,83 = \text{met. } 0,90$$

si faccia la somma di queste diverse altezze, cioè

$$\begin{array}{ll} \text{l'altezza dovuta alla velocità} & h = 0,60 \\ \text{l'altezza dell'arco subacqueo} & d = 0,83 \\ \text{l'altezza dovuta alla velocità} & h' = 0,30 \\ \text{l'altezza dell'arco subacqueo} & d' = 0,90 \\ \hline \end{array}$$

e tornerà l'altezza della caduta utile $H = 2,63$

giusta l'enunciato del quesito.

Consultando la fig. 32 si troverà un corpo d'acqua sulla soglia di quattro palmi e mezzo; l'altezza della prima curva met. 1,10 e quella della seconda met. 1,20.

Nella formola n.° II pongasi $h = 0,60$ ed $h' = 0,30$; in questo caso, e per una caduta qualunque avremo

$$d = \frac{1}{2} H - \frac{3,90}{8}; \text{ e}$$

$$d' = d + 0,07$$

nell'ultima applicazione si aveva $H = 2,63$; quindi

$$d = \frac{1}{2} 2,63 - \frac{3,90}{8} = \text{met. } 0,83, \text{ e}$$

$$d' = 0,83 + 0,07 = 0,90, \text{ come si è già trovato.}$$

Suppongansi ora le curve uguali, ossia $d = d'$; e la formola n.° 1 ci darà

$$h = \frac{4(H - 3d + d')}{7} \quad \text{ed}$$

$$h' = \frac{3}{4}h + 2d - 2d' \quad \text{dalle quali si trae}$$

$$1. \quad h = \frac{4(H - 2d)}{7} \quad \text{ed}$$

$$2. \quad h' = \frac{3}{4}h$$

e dalla 1.°

$$3. \quad d = \frac{4H - 7h}{8}.$$

APPLICAZIONE 3.°

Siavi una cascata di 2 metri e mezzo, e vogliansi collocare due ruote difilate in una doccia in modo, che l'altezza dovuta alla velocità, per la prima ruota sia di sei palmi, e che l'ampiezza delle due curve sia uguale.

Abbiamo per dati $H = 2,50$ ed $h = 0,60$, quindi l'ampiezza di ciascun arco sottacqueo, pel n.° 3 sarà

$$d = \frac{4 \cdot 2,50 - 7 \cdot 0,60}{8} = \text{met. } 0,725$$

dal n.° 2 si desume, ritenuto $h = 0,60$

$$h' = \frac{3}{4} 0,60 = \text{met. } 0,45.$$

Pertanto la cascata viene ripartita come segue:

Altezza dovuta alla velocità	$h = \text{met. } 0,60$
Altezza dell'arco immerso della 1.ª ruota .	$d = \text{ " } 0,725$
Altezza dovuta alla velocità	$h' = \text{ " } 0,45$
Altezza dell'arco immerso della 2.ª ruota .	$d' = \text{ " } 0,725$

$$\text{Ossia la cascata totale . . } H = \text{met. } 2,500$$

Nella fig. 32 l'acqua sopstante alla soglia sarebbe di quattro palmi e mezzo; ciascuna curva avrebbe la saetta di un metro e la cascata dal punto infimo della prima curva al labbro della seconda, sarebbe di un palmo e mezzo.

Se per circostanze particolari fosse data l'ampiezza delle curve, rimarrebbero a determinarsi i valori di h ed h' , ossia le altezze dovute alla velocità, colle formole n.° 1 e 2.

L. I.

Quando le curve devono avere la stessa ampiezza, la soluzione riesce facile e spedita. Fissata per il caso particolare l'altezza dovuta alla velocità della prima ruota, quella della seconda sarà $\frac{3}{4}$ della prima. Si aggiungano queste due altezze, e la loro somma si detragga dalla caduta totale, che nel residuo si avrà l'altezza dei due archi sommersi; e perciò la metà sarà l'altezza di uno. Con questi ultimi valori si trova l'altezza delle curve, aggiungendo all'altezza dell'arco immerso due volte un palmo e mezzo, ossia tre palmi.

Le cose accennate or ora, si desumono anche dalle formole n.° 2 e 3; infatti dal n.° 2 avendosi

$$h' = \frac{3}{4} h, \text{ sarà}$$

$$H = h + h' + 2d = \frac{7}{4} h + 2d, \text{ e}$$

$$2d = H - \frac{7}{4} h, \text{ ossia}$$

$$d = \frac{H}{2} - \frac{7}{8} h = \frac{4H - 7h}{8}, \text{ come dalla formola n.° 3.}$$

Dalle indagini di questo paragrafo, emerge chiaramente, che gli stabilimenti usuali, in cui la curva della seconda ruota bene spesso si tiene la metà, od un terzo di quella della prima, sono assai imperfetti, massime nel supposto che le due ruote debbano produrre eguali effetti. Volendo in questo caso adottare un ripiego palliativo, si può stabilire la prima ruota in modo che non giri troppo rasente al fondo della doccia, per poter sussidiare la seconda con maggior corpo d'acqua, e fors'anco colla maggiore velocità. Quando l'acqua è copiosa, si possono ottenere per verità effetti uguali e sufficienti dalle due ruote, ma ad acque ordinarie o magre, questa disposizione, a motivo dell'acqua che si sperde, riesce dannosa.

La cosa è diversa, quando non si esige che l'effetto delle due ruote sia identico, come nei brillatoj, mulini da pestare, ecc. i quali non richiedono tanta forza, nè sono continuamente in azione. Però anche ponendo simili ruote in una stessa doccia, si ha sempre dispersione: infatti la caduta che vi è impiegata, rimane infruttuosa per il tempo che si tien ferma la ruota, mentre potrebbe con maggior vantaggio servire al movimento della prima ruota. Dunque quando le ruote non devono agire di continuo e contemporaneamente, è partito più conveniente il riportarle in docce parziali, nel qual caso vi si applica tutta la caduta; e quando una di esse vuole arrestarsi, si può dirigere l'acqua a maggior beneficio delle altre.

§ 38.

Al § 36, formole I e 1.^o si è stabilito

$$h = \frac{4 [H - (2n - 1) d + (n - 1) d']}{1 + 3n}, \text{ ed}$$

$$h' = \frac{3}{4} h + 2d - 2d';$$

in questi valori pongasi d e $d' = 0$ pel caso di dover sopprimere le curve, e si avrà l'altezza dovuta alla velocità, per la doccia piana, espressa da

$$1. \quad h = \frac{4H}{1 + 3n}, \text{ ed}$$

$$2. \quad h' = \frac{3}{4} h$$

in cui, giusta la fig. 34 si ha

$h = AB$ = all'altezza dovuta alla velocità della prima ruota;

$h' = BC$ = alla caduta tra la prima e la seconda ruota, tra la seconda e la terza, ecc. e così via.

n = al numero delle ruote collocate nella stessa doccia; ed

H = a tutta la caduta utile.

Con queste formole si determina facilmente la disposizione delle docce negli usuali mulini natanti in cui si veggono difilate tre ed anche quattro, o più ruote l'una dopo l'altra.

Per gli altri mulini con ruote a palmette stabili, dove non si pongono quasi mai più di due ruote alla fila, facendo $n = 2$, si avrà colle mentovate formole

$$1. \quad h = \frac{4H}{1 + 3 \cdot 2} = \frac{4}{7} H; \text{ e}$$

$$2. \quad h' = \frac{3}{4} h = \frac{3}{4} \times \frac{4}{7} H = \frac{3}{7} H.$$

Dunque, perchè due ruote poste di seguito l'una all'altra in una medesima doccia, producano la stessa quantità di azione, si dovranno disporre in modo che l'altezza dovuta alla velocità della prima sia $\frac{4}{7}$ della caduta totale, e gli altri $\frac{3}{7}$ costituiscano la distanza verticale tra il centro della palmetta infima nella prima ruota, e il centro della palmetta omologa nella seconda ruota, ossia l'altezza dovuta alla velocità della seconda ruota.

Applicazione. Si abbia a disporre una doccia per due ruote, colla sola caduta utile di un metro.

Essendo $H =$ metri 1,00, l'altezza dovuta alla velocità della prima ruota sarà

$$h = \frac{4}{7} \cdot 1,00 = \text{met. } 0,57$$

e quella della seconda

$$h' = \frac{4}{7} \cdot 1,00 = \text{met. } 0,43.$$

Applicando questi risultamenti alla fig. 34, avremo $AB = 0,57$, e BC , ossia la caduta $DE = 0,43$, il che si ottiene ritenendo l'acqua sopra la soglia alta palmi quattro e mezzo e l'inclinazione della doccia dalla soglia della chiavica insino ad F di tre palmi; e da F a G di altri quattro palmi e mezzo: oppure si può supporre l'acqua alta sei palmi, e che il fondo della doccia discenda dalla soglia della chiavica sino al punto F un palmo e mezzo solamente, rimanendo tuttavia $FG = 0,43$.

Ma poichè, come si è detto ripetutamente, quando si abbia caduta bastevole, vuol preferirsi con maggior convenienza la doccia curva alla doccia piana, così nel caso di avere due ruote a collocare in una sola doccia, si dovrebbe stabilire la caduta di metri 1,40 all' met. 1,60 per il limite da cui si potrebbe incominciare ad ammettere una curva. — Infatti giusta il paragrafo antecedente per la curva corrispondente alla prima ruota occorrono almeno sei palmi, e per quella della seconda quattro palmi e mezzo di altezza per la conveniente velocità. Del resto, per risentire vantaggio dall'incurvamento della doccia, bisogna concedere a ciascun arco immerso una caduta di un palmo e mezzo almeno, nel quale supposto ogni curva avrebbe l'altezza di quattro palmi e mezzo, calcolando ad un palmo e mezzo la distanza verticale dal labbro della curva alla prima palmetta urtata, ed un altro palmo e mezzo la distanza dal centro dell'infima palmetta al fondo della doccia. — Curvature più piccole, come di tre palmi, ed anche meno, quali talvolta si costruiscono, non rendono il menomo vantaggio, perchè non resta nulla per l'altezza dell'arco immerso.

§ 39.

Nelle ricerche assunte cogli ultimi tre antecedenti paragrafi, si è sempre supposto che le ruote situate di seguito in una sola doccia, dovessero produrre tutte il medesimo effetto, cioè che ciascheduna dovesse animare lo stesso numero di macchine. — In pratica è raro che si presenti il caso di un opificio idraulico, composto di macchinismi diversi, per cui le ruote sieno applicate quale al movimento di una sola macina, quale a due unitamente, altra ad un pestatojo, o ad una sega, o simili. — Cotali stabili-

menti d'altronde sono poco vantaggiosi, e d'ordinario soggetti più o meno agli inconvenienti dichiarati sul fine del § 37.

Talvolta però potrebbe tornar proficuo o se non altro le circostanze esigerlo, di dover applicare due macchine alla prima ruota, ed una sola alla seconda. In questo caso le formole suesposte non servirebbero senza le convenienti modificazioni da determinarsi con parziali ricerche.

Le lettere c, v, h, d conservino relativamente alla prima ruota le stesse denominazioni che avevano al § 36; lo stesso avvenga delle $c' v' h' d'$ in quanto alla seconda; come pure rappresentino H ed M ordinatamente la cascata utile, e la portata dell'acqua. — Per la tesi che si è supposta, cioè che la prima ruota abbia a porre in movimento due macchine, ed una sola la seconda, il momento meccanico dell'una dovrà essere doppio del momento meccanico dell'altra. Ora

$$\text{per la prima ruota si ha } vP = \left(\frac{(c-v)v}{2g} + d \right) Mr$$

$$\text{per la seconda ruota } v'P' = \left(\frac{(c'-v')v'}{2g} + d' \right) Mr$$

quindi

$$\left(\frac{(c-v)v}{2g} + d \right) Mr = 2 \left(\frac{(c'-v')v'}{2g} + d' \right) Mr$$

Osservando che la quantità d'acqua che anima le ruote è la stessa per entrambe, moltiplicando inoltre i membri dell'equazione per $2g$ e facendo $c = \frac{1}{2}v$, $c' = \frac{1}{2}v'$, la suddetta equazione si trasforma in quest'altra, cioè

$$\frac{1}{4}c^2 + 2gd = \frac{1}{2}c'^2 + 4gd'$$

e pel § 36 essendo

$$c'^2 = \frac{1}{4}c^2 + 4gh', \text{ ed}$$

$$\frac{1}{2}c'^2 = \frac{1}{8}c^2 + 2gh',$$

a sostituire si avrà:

$$\frac{1}{4}c^2 + 2gd = \frac{1}{8}c^2 + 2gh' + 4gd', \text{ ossia}$$

$$\frac{1}{8}c^2 + 2gd = 2gh' + 4gd'$$

e fatto $c^2 = 4gh$ (§ 36), quindi $\frac{1}{8} c^2 = \frac{1}{2} gh$ sarà

$$\frac{1}{2} gh + 2gd = 2gh' + 4gd', \text{ ossia}$$

$$\frac{1}{2} h + 2d = 2h' + 4d'$$

donde si ricava:

$$1.^{\circ} \quad h' = \frac{1}{4} h + d - 2d', \text{ e}$$

$$2.^{\circ} \quad d' = \frac{1}{8} h + \frac{1}{2} d - \frac{1}{2} h'.$$

Ora sapendo essere

$$H = h + d + h' + d'$$

se sostituiamo per h' il suo valore dato dall'equazione n.° 1.° avremo

$$H = h + d + \frac{1}{4} h + d - 2d' + d', \text{ ossia}$$

$$H = \frac{5}{4} h + 2d - d'$$

donde si desume

$$I. \quad h = \frac{4(H - 2d + d')}{5}$$

Si sostituisca in H per d' il suo valore dato dall'equazione n.° 2.°, e sarà

$$H = h + d + h' + \frac{1}{8} h + \frac{1}{2} d - \frac{1}{2} h', \text{ ossia}$$

$$H = \frac{9}{8} h + \frac{3}{2} d + \frac{1}{2} h' \text{ donde}$$

$$II. \quad d = \frac{8H - 9h - 4h'}{12}$$

APPLICAZIONE 1.°

Siavi una caduta utile di met. 2,80 e si voglia approfittarne per istabilirvi una doccia a due ruote, la prima delle quali dia moto a due macine, la seconda solamente ad una. D'altronde la doccia in corrispondenza alla ruota superiore debba avere una curvatura colla sassetta di met. 1,50, ed un'altra curvatura di sette palmi e mezzo per la ruota di sotto. Si cerca quale disposizione dovrà darsi alla doccia.

Ritenuto per dato positivo che la doccia al sito della ruota superiore debba incurvarsi con una freccia di met. 1,50, fatte le solite deduzioni, l'altezza dell'arco sommerso si ridurrà a met. 1,25; e similmente si ridurrà a quattro palmi e mezzo l'altezza dell'arco sommerso della seconda ruota, ritenuta per questa la data misura di sette palmi e mezzo per la freccia dell'incurvamento della doccia corrispondente.

Essendo pertanto $H = 2,80$; $d = 1,25$; $d' = 0,45$ introducendo questi valori nelle formole n.° I e 1.° avremo le altezze corrispondenti alle rispettive velocità espresse ordinatamente da

$$h = \frac{4 (2,80 - 2 \cdot 1,25 + 0,45)}{5} = \text{met. } 0,60$$

$$h' = \frac{1}{4} \cdot 0,60 + 1,25 - 2 \cdot 0,45 = \text{met. } 0,50.$$

Sarà quindi

l'altezza dovuta alla velocità, ossia	$h = \text{met. } 0,60$
l'altezza dell'arco immerso per la prima ruota	$d = \text{ » } 1,25$
l'altezza dovuta alla velocità	$h' = \text{ » } 0,50$
l'altezza dell'arco sommerso per la 2.ª ruota	$d' = \text{ » } 0,45$
E l'intera caduta	$H = \text{met. } 2,80$

e coll'ispezione della fig. 35 sarebbe

l'altezza dell'acqua sopra la soglia della chiavica	$AB = \text{met. } 0,45$
l'altezza della prima curvatura	$BC = \text{ » } 1,55$
la cadente da F a G , ossia l'intervallo	$CD = \text{ » } 0,15$
e l'altezza della seconda curvatura	$DE = \text{ » } 0,75$

Quando l'altezza delle curvature non sia determinata da circostanze particolari, nella disposizione della doccia sarà meglio anco in questo caso di assumere come cognita l'altezza richiesta dalla velocità, giacchè risulta un vantaggio, come si è osservato al § 37 dall'attribuire a questa altezza la minima dimensione possibile. Per conseguire cotale intento nel nostro caso, dovrebbe ritenersi $h = 0,60$, ed $h' = 0,30$ perchè allora il fondo della doccia nel tratto da F a G correrebbe orizzontale.

APPLICAZIONE 2.ª

Avendosi una caduta di met. 2,50, si vuole applicarvi una doccia a due ruote, la prima per dar moto a due macine, la seconda per una macina sola. L'altezza dovuta alla velocità per la prima ruota, deve essere di sei palmi, e la distanza verticale dal centro dell'infirpa palmetta della prima

ruota al centro della prima palmetta percorsa nella seconda ruota, deve essere di tre palmi. Per regolare definitivamente la doccia, si domanda l'altezza che dovrà avere ciascun arco sommerso.

Abbiamo $H = \text{met. } 2,50$; $h = 0,60$ ed $h' = 0,30$
quindi l'altezza dell'arco immerso sarà data dalle equazioni

$$d = \frac{8 \cdot 2,50 - 9 \cdot 0,60 - 4 \cdot 0,30}{12} = \text{met. } 1,12, \quad e$$

$$d' = \frac{0,60 + 4 \cdot 1,10 - 4 \cdot 0,30}{8} = \text{met. } 0,48$$

e l'impianto definitivo sarà regolato a questo modo:

Ruota	{	Altezza dovuta alla velocità . .	$h =$ met. 0,60
superiore		Arco immerso	$d =$ " 1,12
Ruota	{	Altezza della velocità	$h' =$ " 0,30
inferiore		Arco immerso	$d' =$ " 0,48
Ritorna la complessiva caduta utile . .			$H =$ met. 2,50

Ed ispezionando la fig. 35 si avrebbe

Altezza dell'acqua sulla soglia	$AB = \text{met. } 0,45$
Altezza del primo incurvamento . . .	$BC = \text{ " } 1,40$
Cadente da F a G ossia	$CD = \text{ " } \text{—}$
Altezza del secondo incurvamento . .	$DE = \text{ " } 0,75$

§ 40.

I valori necessarj per distribuire convenientemente i livelli di una doccia destinata ad accogliere due ruote, l'una applicata al movimento di due macchine, l'altra per una macina sola, giusta il paragrafo antecedente sono rappresentati dalle due formole

$$h = \frac{4(H - 2d + d')}{5} \quad \text{ed}$$

$$h' = \frac{h + 4d - 8d'}{4}$$

nelle quali fatto $d = 0$ e $d' = 0$ per il caso che non debbano esservi le incurvature, avremo per due ruote a doccia piana

$$h = \frac{4}{5} H \quad \text{ed}$$

$$h' = \frac{1}{4} h = \frac{1}{5} H.$$

Dunque dovendo collocare due ruote in una doccia a fondo piano, e colle condizioni preallegate, si applicheranno alla prima $\frac{4}{5}$ ed alla seconda $\frac{1}{5}$ dell'altezza componente la caduta complessiva.

Applicazione. — Con metri 1,40 di caduta, si vuole erigere un mulino a due ruote, e con una doccia sola. La prima di esse ruote dovrà muovere due macini e l'altra solamente una. Si cerca quale disposizione dovrà darsi alla doccia?

Abbiamo $H = \text{met. } 1,40$ quindi

$$h = \frac{4}{5} \cdot 1,40 = \text{met. } 1,12 \quad \text{ed}$$

$$h' = \frac{1}{5} \cdot 1,40 = \text{met. } 0,28.$$

Nella fig. 36 prelevato un palmo e mezzo per la distanza dal centro dell'ultima palmetta al fondo della doccia, risulterebbe nel resto il seguente ripartimento: la distanza verticale dal pelo d'acqua del *bottaccio*, o *margone* (1) sino al fondo della doccia sotto l'infima palmetta, ossia l'altezza $HB = \text{met. } 1,27$ e la caduta da B sino a D , ossia $BC = 0,28$.

Nel caso nostro essendo risultata met. 1,12 l'altezza dovuta alla velocità si scorge che potrebbe forse convenire di ricurvare la doccia relativamente alla prima ruota, lasciando piana soltanto la porzione che corrisponde alla seconda.

§ 41.

Per convertire le formole anteriormente stabilite, al caso di voler collocare due ruote in una stessa doccia, colla condizione che il tratto di doccia corrispondente alla prima ruota che muove due macini sia incurvato, e quello che corrisponde alla seconda ruota applicata ad una sola macina termini in piano, pongasi nella formola I del § 38 $d' = 0$ ed avrassi

$$1. \quad h = \frac{4(H - 2d)}{5}, \quad \text{ed}$$

$$2. \quad h' = \frac{h + 4d}{4}.$$

(1) Così chiamasi con vero nome italiano quell'ultimo tronco del ramo superiore della gora, subito presso alla cateratta, dove si raccoglie l'acqua prima di spingersi sulle ruote.

e dalla prima si ricaverà

$$3. \quad d = \frac{4H - 5h}{8} .$$

Applicazione. Con una caduta di met. 1,40 si vogliono istituire due ruote idrauliche, disposte in una stessa doccia. Colla prima si devono animare due macini, ed il tratto di doccia che vi corrisponde sarà fabbricato a curva con sei palmi ed un quinto per altezza dovuta alla velocità: l'altra ruota che deve animare una sola macina, avrà la doccia piana. Si domanda come dovrà coordinarsi l'edificio della doccia per soddisfare alle richieste condizioni?

Abbiamo in questo caso $H = \text{met. } 1,40$; $h = 0,62$ e quindi l'altezza dell'arco immerso per la formola n.° 3 sarà

$$d = \frac{4 \cdot 1,40 - 5 \cdot 0,60}{8} = 0,325$$

e la caduta tra la prima e la seconda ruota si desumerà colla formola n.° 2, ossia da

$$h' = \frac{0,60 + 4 \cdot 0,30}{4} = 0,455$$

avremo quindi

L'altezza dovuta alla velocità	$h = \text{met. } 0,620$
L'arco immerso	$d = \text{ " } 0,325$
L'intervallo verticale dal centro dell'infima palmetta della prima ruota al centro della corrispondente palmetta della seconda ruota . .	$h' = \text{ " } 0,455$

Ritorna la complessiva caduta $H = \text{met. } 1,400$

La fig. 37 è la rappresentazione del caso attuale, dove si ha il corpo d'acqua $AB = 0,45$ la saetta della curva $BC = 0,62$, e la caduta da E ad F , ossia $EF = 0,45$.

L'espressione $N = \frac{N}{H + D}$ del § 29 insegna apertamente che la di-

sposizione data all'edificio della doccia in questo paragrafo richiede una minore quantità d'acqua in confronto di quella necessaria nel caso del paragrafo antecedente. Infatti in quello si aveva $H + D$ met. 1,40 non essendovi incurvamento; in questo paragrafo invece si ha $H + D = 1,40 + 0,30 = 1,70$: quindi le quantità d'acqua occorrenti nei due diversi casi stanno fra loro nella proporzione di 11 a 9 prossimamente.

Del resto si vede che dal risultamento del calcolo si può agevolmente arguire della possibilità di ammettere la curva. Diversi esempj li abbiamo già presentati al § 32.

A chi piacesse l'estendere maggiormente le ricerche sulla costituzione delle docce, e sul compartimento delle cadute non riescirà difficile il farlo sulla traccia di quanto abbiamo esposto intorno a siffatto argomento. Noi per altro ci astenghiamo da questa fatica perchè ne pareria soverchia.

§ 42.

Non è tuttuno il collocare diverse ruote alla sfilata in una sola doccia, o dare un'apposita doccia a ciascuna, prima perchè le spese di costruzione, e quelle della manutenzione sono ben diverse, poi perchè ne dipende assaissimo il più conveniente uso dell'acqua e della caduta, senza nuocere alla buona disposizione del mulino. — La risposta al quesito: quale nella specialità de' casi sia il meglio, merita perciò le più attente considerazioni.

L'Eytelwein nel suo Manuale di meccanica ed idraulica ha provato ai §§ 191 e 192 che l'effetto delle ruote poste alla sfilata in una doccia orizzontale è notabilmente più grande di quello delle ruote isolate. Infatti diciasi E l'effetto prodotto da diverse ruote isolate, K quello di un egual numero di ruote poste di fila in una sola doccia; ritenute uguali tutte le altre circostanze, per due ruote si ha la proporzione:

$$E : K = \frac{1}{2} : \frac{16}{25} = 25 : 32 = 7 : 9 \text{ prossimamente}$$

per tre ruote

$$E : K = \frac{1}{2} : \frac{600}{841} = 5 : 7 \text{ prossimamente}$$

avendo supposto che ciascheduna ruota si muova colla velocità allegata al § 35.

Siccome però quest'ultimo caso s'incontra rare volte nei mulini da grano, per le cagioni accennate nel luogo citato, perciò anche questo effetto non può ottenersi facilmente; e per via del ripetuto spediente, di sussidiare l'effetto delle ruote posteriori, si ritiene per le docce orizzontali dei mulini a grano che rispetto *alla migliore applicazione dell'acqua e della caduta* sia più vantaggioso dare a cadauna ruota una doccia speciale. In quelle situazioni dove la caduta è così lieve da dover tenere la doccia orizzontale, d'ordinario abbonda l'acqua, per cui conviene rinunciare all'idea di trarne il massimo vantaggio possibile, ed economizzare sulle spese che

importerebbe la fabbrica di tante docce speciali, appigliandosi come si fa per l'ordinario in simili situazioni, al partito delle ruote pensili. Ma quando l'acqua non valga che al movimento di due o tre macini, è meglio applicarvi una sol ruota, oppure se si adottano più ruote, porre ciascuna in apposita doccia, anzicchè tutte in un una.

§ 43.

Per progredire nella intrapresa ricerca, ed applicarla anche alle docce a piano inclinato, si ritengano per H , M , n , h , ecc. le denominazioni loro attribuite al § 36. Si concepisce facilmente che se la massa d'acqua M verrà dispensata ad n docce, e quindi ad altrettante ruote, competerà a ciascuna ruota la quantità d'acqua $\frac{M}{n}$, cosicchè il momento meccanico di ciascuna ruota collocata in apposita doccia sarà (§ 36)

$$\nu P = \frac{1}{2} H \frac{M}{n} \gamma,$$

e quindi l'effetto di n ruote in n docce verrà espresso da

$$n \nu P = \frac{1}{2} H M \gamma$$

e sarà eguale a quello che si otterrebbe applicando tutta la cascata e la massa d'acqua ad una sola ruota.

Se si hanno parecchie ruote poste consecutivamente in una doccia, l'effetto della prima di queste ruote è rappresentato da

$$\nu' P' = \frac{1}{2} h M \gamma.$$

e se l'effetto di ciascuna delle susseguenti è uguale a quello della prima, l'effetto complessivo delle n ruote sarà

$$n \nu' P' = \frac{n}{2} h M \gamma.$$

Per brevità chiamisi ancora E l'effetto di n ruote in n docce, e K l'effetto di altrettante ruote girevoli tutte in una sola doccia; avremo

$$E : K :: \frac{1}{2} H M \gamma : \frac{n}{2} h M \gamma = H : n h.$$

Ma in questo caso per la formola I del § 38 si ha $h = \frac{4H}{1+3n}$, e quindi

$$E : K :: H : \frac{4nH}{1+3n} \quad \text{ossia}$$

$$E : K :: 1 + 3n : 4n$$

di quivi ne conseguita che l'effetto anche nelle docce a piano inclinato è maggiore quando tutte le ruote sieno poste all'infilata in una sola doccia, che non quando sieno isolate.

Facciasi per esempio.

$$n = 2 \text{ ed avremo } E : K :: 1 + 3 \cdot 2 : 4 \cdot 2 = 7 : 8$$

$$n = 3, \text{ ed avremo } E : K :: 1 + 3 \cdot 3 : 4 \cdot 3 = 10 : 12 = 5 : 6$$

e così via.

Le nostre ruote pensili per lo più girano in docce consimili, le quali certamente non sempre sono regolate coi principj del § 38, per cui una parte notabile di effetto va dispersa, e siccome le ruote di rado rasentano quanto basta il fondo della doccia, così si perde non solo dell'effetto massimo, ma bene spesso qualche cosa dippiù. Questo difetto per altro non distrugge il vantaggio che si otterrebbe qualora si coordinasse la doccia secondo le leggi teoriche, e si cogliesse nel segno di disporre le ruote nella giusta loro situazione che non sarebbe tanto difficile da indovinare.

Ma se è vero che l'uso dell'acqua torni più vantaggioso collocando le ruote di fila anzicchè in docce appartate, è pur vero che vi sono delle circostanze le quali esigono preferibilmente l'impiego dell'ultimo sistema.

Dispongonsi infatti parecchie ruote l'una dietro l'altra in una doccia, cosicchè tutta la massa d'acqua competa a ciascuna ruota egualmente: succederà che in tempo di siccità, scarseggiando le acque, nessuna ruota sarà alimentata sufficientemente, mentre invece se ogni ruota avrà la sua doccia, l'acqua potrà scompartirsi a misura dei macini che occorran, lasciando fermi intieramente gli altri. — Dunque le ruote alla sfilata od a doccia comune potranno convenire quando si abbia l'opportunità di acque sufficienti, non mai se si patisca di penuria: le ruote dispartate, od a doccia appartata saranno applicabili utilmente ad ogni stato d'acqua, ed a cadute qualsivogliano. — La massima parte dei mulini però dovrebbe essere coordinata possibilmente in relazione alla stagione asciutta.

Quella caduta che si applica allo stabilimento di parecchie ruote alla sfilata, per lo più potrebbe bastare anche ad ordinare un sistema di docce curve a ruota solitaria. Al § 31 abbiamo veduto che la doccia curva si incomincia ad assumere convenientemente colla caduta di sette palmi e mezzo alli nove, per cui non rimane che confrontare i risultamenti di diverse ruote poste alla sfilata in una doccia comune a piano inclinato, con quelli di altrettante, con docce proprie ed incurvate.

L'effetto di una ruota a doccia curva, o ciò che torna lo stesso, per quello che si è detto nell'antecedente paragrafo, l'effetto di n ruote in n docce, alimentata ciascuna dal corpo d'acqua $\frac{M}{n}$, giusta il § 28 è rappresentato da

$$n v P = \left(\frac{1}{2} h + d \right) M \gamma = \frac{H + d}{2} M \gamma$$

e l'effetto di n ruote in una doccia a piano inclinato per il paragrafo antecedente è

$$n v' P' = \frac{n}{2} h M \gamma.$$

Pongasi nuovamente il primo di questi valori, ossia $n v P = E$; l'altro, ossia $n v' P' = K$: paragonandoli fra loro avremo

$$E : K = H + d : n h$$

ed essendo per il paragrafo antecedente $h = \frac{4 H}{1 + 3 n}$, sarà ancora

$$E : K = (1 + 3 n) (H + d) : 4 n H.$$

Sia per esempio: $H = 1,25$; $d = 0,60$; $n = 2$; si avrà

$$E : K = (1 + 3 \cdot 2) (1,15 + 0,60) : 4 \cdot 2 \cdot 1,25 = 13 : 10 \text{ e ponendo}$$

$$H = 1,85; d = 1,25; n = 2, \text{ avremo}$$

$$E : K = (1 + 3 \cdot 2) (1,85 + 1,25) : 4 \cdot 2 \cdot 1,85 = 217 : 148$$

$$H = 1,25; d = 0,60; n = 3$$

$$E : K = (1 + 3 \cdot 3) (1,25 + 0,60) : 4 \cdot 3 \cdot 1,25 = 37 : 30$$

$$H = 1,85; d = 1,25; n = 3$$

$$E : K = (1 + 3 \cdot 3) (1,85 + 1,25) : 4 \cdot 3 \cdot 1,85 = 155 : 111$$

$$H = 2,50; d = 1,85; n = 4$$

$$E : K = (1 + 3 \cdot 4) (2,50 + 1,85) : 4 \cdot 4 \cdot 2,50 = 7 : 5 \text{ e così di seguito.}$$

Dunque l'effetto prodotto da diverse ruote isolate ed a doccia curva supera sensibilmente quello di un pari numero di ruote poste alla sfilata in una doccia piana, essendo uguali la cascata ed il volume dell'acqua: cosicchè quando si tratti di impiegare l'acqua e la caduta nel modo più vantaggioso, si dovrà preferire il sistema delle ruote isolate a docce curve, a quello delle ruote alla sfilata in una sola doccia a piano inclinato.

§ 45.

Ci rimane da investigare soltanto, se sia meglio, avendo diverse ruote disporle tutte di fila in una stessa doccia a curva, o stabilire altrettante docce curve quante sono le ruote.

Siccome per le cause ricordate al § 37 non si pratica porre più di due ruote in una doccia a curva, così potremo limitare le nostre indagini al caso di sole due ruote.

Il momento meccanico di una ruota a doccia curva, o ciò che vale lo stesso, l'effetto di due ruote, a ciascuna delle quali compete metà del volume dell'acqua, è espresso da

$$2 \nu P = \left(\frac{1}{2} h + D \right) M \gamma = E$$

ed il momento meccanico della prima ruota, nel caso di due poste alla sfilata, essendo

$$\nu P' = \left(\frac{1}{2} h + d \right) M \gamma ;$$

l'effetto delle due ruote, ritenuto il momento meccanico di ciascuna eguale a quello della prima, sarà

$$2 \nu P' = (h + 2d) M \gamma = K$$

dove la h può pareggiarsi in entrambe all'effetto. Avremo pertanto la proporzione

$$E : K = \frac{1}{2} h + D : h + 2d .$$

Si immagini che la curva tanto della prima che della seconda ruota abbia ad essere uguale, per il caso del § 37 si avrà

$$d = \frac{4H - 7h}{8} \quad \text{e} \quad 2d = \frac{4H - 7h}{4} ;$$

inoltre si ha $D = H - h$; quindi

$$\begin{aligned} E : K &= \frac{1}{2} h + H - h : h + \frac{4H - 7h}{4} \quad \text{ossia} \\ &= 2h + 4H - 4h : 4h + 4H - 7h ; \text{ donde} \\ E : K &= 4H - 2h : 4H - 3h . \end{aligned}$$

Sostituiscasi per esempio:

$$H = 1,90 ; h = 0,60 ; \text{ e si avrà}$$

$$E : K = 4 \cdot 1,90 - 2 \cdot 0,60 : 4 \cdot 1,90 - 3 \cdot 0,60 = 32,80 : 29 \quad \text{e facendo}$$

$H = 2,50$; $h = 0,60$, sarà

$$E : K = 4 \cdot 2,50 - 2 \cdot 0,60 : 4 \cdot 2,50 - 3 \cdot 0,60 = 44 : 41$$

dunque anche in quest'ultimo caso le ruote poste isolatamente in doccia curva meritano di essere anteposte; conclusione che in parte era già evidente per le cose dette nel § 37.

E quando per la soverchia lunghezza degli alberi, o per altre circostanze, non si potessero stabilire tante docce quanti sono i palmenti da attivare, si dovranno applicare piuttosto due palmenti ad una ruota.

§ 46.

Dalle cose dette anteriormente, si rileva a chiare note, che a pochi si riducono i casi in cui sia vantaggioso lo stabilimento delle docce a più ruote, e che anche in questi pochi casi le maggiori spese assorbono quel tanto di utile che si ritrae.

Si deve dunque ritenere che in generale l'acqua e la cascata si impiegano con distinto vantaggio tenendo isolate tutte le ruote.

Disponendo tre docce di fianco con altrettante ruote applicate ciascuna a due macini, si avrebbero sei mani di macini che potrebbero collocarsi tutte in un corpo di fabbrica eretto sur una delle sponde del canale, e ripetendo identicamente lo stesso sulla sponda opposta, ne risulterebbe uno stabilimento a dodici mani di macini; cosicchè si vede che a pochi si ridurrebbero i casi, anche nei mulini ordinarij, di dover collocare diverse ruote in una stessa doccia per soddisfare al numero de' macini necessarj. Allorchè si stabiliscono tre docce di fianco l'una all'altra, solitamente uno degli alberi riesce un po' più lunghetto di quelli che servono per le ruote pensili; il secondo è quasi della medesima lunghezza, ma il terzo è più corto.

Vi devono essere adunque degli altri motivi per consigliare l'uso delle ruote alla sfilata, le quali dovranno però sempre potersi elevare a piacimento. Questi motivi potrebbero essere i seguenti:

Che si abbia poco o nulla a temere per difetto d'acqua, per cui convenga maggiormente aver riguardo all'economia delle spese di costruzione e di mantenimento, anzicchè al modo di impiegare l'acqua con vantaggio. L'importo delle spese di costruzione e di manutenzione varia notabilmente a norma del numero delle docce; quelle incurvate segnatamente richiedono molto legname e molta fattura.

Che nei mulini provveduti sempre d'acqua quanto basta, il livello dell'acqua nel canale inferiore si mantenga parecchi mesi assai elevato, indi scemi e rimanga depresso similmente per un lungo intervallo di tempo. —

In questo caso si impianteranno le docce, considerando l'acqua allo stato di estrema magrezza, cosicchè nelle stagioni acquose si potrà macinare soltanto colle mole di sopra, o almeno pochissimo con quelle di sotto; nelle stagioni aride invece potranno adoperarsi tutte.

Anche di quivi pertanto si desume, quello che si è già detto al § 42, cioè che la maggior parte dei mulini vuole essere impiantata avendo riguardo alle stagioni asciutte. In tempo piovoso è raro di essere forniti di tanto grano che basti ad alimentare tutte le macchine.

Se in una situazione provveduta del continuo di acqua sufficiente per lo stabilimento di una doccia a ruote pensili, si vorrà sostituire la doccia curva, o disporre almeno tutte le ruote in docce separate, questa non si potrebbe coordinarle che alle acque mezzane, cosicchè in tempo di piena le ruote resterebbero poco men che tutte inattive, e ad acque magre non si potrebbe cavarne quel pieno utile che si avrebbe coordinandole allo stato della massima magra.

Per le riferite cause si conchiude che la doccia a più ruote di fila, conviene particolarmente ai fiumi ricchi di acque continue ed assai instabili nelle altezze. Nei piccoli canali si ha sempre vantaggio a collocare le ruote isolate. Le circostanze locali però, ed altre speciali condizioni possono indurre delle eccezioni a quanto abbiamo stabilito. Chi desiderasse maggiori nozioni in tale argomento, consulti:

L'Architettura dei mulini di Hoffmann, e propriamente al § 25.

§ 47.

La larghezza della doccia dipende da quella della ruota. Determinata quest'ultima, la prima si tiene usualmente più larga di due a tre palmi per parte, per poterle liberare più agevolmente l'inverno dal diaccio, e per poter eseguire con più comodità le riparazioni ed altre consimili manovre. Perchè poi l'acqua non vada dispersa inutilmente a' lati della ruota, si restringe la sezione della chiavica in conformità alla larghezza della ruota, e vi si applicano le così dette zoccole. — Di ciò si parlerà più distesamente al cap. VI.

Per determinare la larghezza netta della ruota, si chiami f la superficie della palmetta, e si conservino le precedenti denominazioni, con che si avrà

$$M = v f, \text{ quindi}$$

$$f = \frac{M}{v},$$

dove $v = \frac{1}{2} c$, e $c = 2 \sqrt{gh} = 4,4292 \sqrt{h}$ (1).

Abbiamo già detto ripetutamente, che il valore di h , ossia l'altezza dovuta alla velocità, fintanto che è in nostro arbitrio, o che circostanze speciali non esigano altrimenti, non dovrebbe tenersi maggiore di sette palmi e mezzo, nè minore di sei.

La seguente tabella pertanto comprende le velocità c competenti alle altezze h da tre a venti palmi, prese ad ogni cinque millimetri. La medesima è cavata in parte dalla Meccanica di Venturoli (2) e nel resto l'ho calcolata io stesso. In pratica potrà supplire alla maggior parte dei casi.

(1) Venturoli, *Elem.* vol. I, § 223

(2) Vol. II, pag. 387.

Altezza h	Velocità $c = 2 \sqrt{gh}$	Altezza h	Velocità $c = 2 \sqrt{gh}$	Altezza h	Velocità $c = 2 \sqrt{gh}$
0,300	2,426	0,530	3,224	0,755	3,849
0,305	2,446	0,535	3,240	0,760	3,861
0,310	2,466	0,540	3,255	0,765	3,874
0,315	2,486	0,545	3,270	0,770	3,887
0,320	2,506	0,550	3,285	0,775	3,899
0,325	2,525	0,555	3,300	0,780	3,912
0,330	2,544	0,560	3,314	0,785	3,924
0,335	2,564	0,565	3,329	0,790	3,937
0,340	2,583	0,570	3,344	0,795	3,949
0,345	2,602	0,575	3,358	0,800	3,962
0,350	2,620	0,580	3,373	0,805	3,974
0,355	2,639	0,585	3,388	0,810	3,986
0,360	2,658	0,590	3,402	0,815	3,999
0,365	2,676	0,595	3,417	0,820	4,011
0,370	2,694	0,600	3,431	0,825	4,023
0,375	2,712	0,605	3,445	0,830	4,035
0,380	2,730	0,610	3,460	0,835	4,048
0,385	2,748	0,615	3,473	0,840	4,059
0,390	2,766	0,620	3,488	0,845	4,072
0,395	2,784	0,625	3,502	0,850	4,084
0,400	2,801	0,630	3,516	0,855	4,096
0,405	2,819	0,635	3,530	0,860	4,108
0,410	2,836	0,640	3,543	0,865	4,120
0,415	2,853	0,645	3,557	0,870	4,132
0,420	2,870	0,650	3,571	0,875	4,143
0,425	2,888	0,655	3,585	0,880	4,155
0,430	2,904	0,660	3,598	0,885	4,167
0,435	2,921	0,665	3,612	0,890	4,179
0,440	2,938	0,670	3,618	0,895	4,190
0,445	2,955	0,675	3,630	0,900	4,202
0,450	2,971	0,680	3,653	0,905	4,214
0,455	2,988	0,685	3,666	0,910	4,225
0,460	3,004	0,690	3,679	0,915	4,237
0,465	3,020	0,695	3,693	0,920	4,249
0,470	3,037	0,700	3,706	0,925	4,260
0,475	3,053	0,705	3,719	0,930	4,272
0,480	3,069	0,710	3,732	0,935	4,283
0,485	3,085	0,715	3,745	0,940	4,295
0,490	3,100	0,720	3,758	0,945	4,306
0,495	3,116	0,725	3,772	0,950	4,317
0,500	3,132	0,730	3,784	0,955	4,328
0,505	3,147	0,735	3,797	0,960	4,340
0,510	3,163	0,740	3,810	0,965	4,351
0,515	3,179	0,745	3,823	0,970	4,361
0,520	3,194	0,750	3,836	0,975	4,374
0,525	3,209				

Altezza h	Velocità $c = 2 \sqrt{gh}$	Altezza h	Velocità $c = 2 \sqrt{gh}$	Altezza h	Velocità $c = 2 \sqrt{gh}$
0,980	4,385	1,155	4,760	1,330	5,108
0,985	4,396	1,160	4,771	1,335	5,118
0,990	4,407	1,165	4,781	1,340	5,127
0,995	4,418	1,170	4,791	1,345	5,137
1,000	4,429	1,175	4,801	1,350	5,147
1,005	4,441	1,180	4,812	1,355	5,156
1,010	4,451	1,185	4,822	1,360	5,166
1,015	4,462	1,190	4,832	1,365	5,175
1,020	4,473	1,195	4,842	1,370	5,185
1,025	4,484	1,200	4,852	1,375	5,194
1,030	4,495	1,205	4,862	1,380	5,203
1,035	4,506	1,210	4,872	1,385	5,213
1,040	4,517	1,215	4,882	1,390	5,222
1,045	4,528	1,220	4,892	1,395	5,232
1,050	4,539	1,225	4,903	1,400	5,241
1,055	4,550	1,230	4,912	1,405	5,250
1,060	4,560	1,235	4,922	1,410	5,260
1,065	4,571	1,240	4,932	1,415	5,269
1,070	4,582	1,245	4,942	1,420	5,278
1,075	4,592	1,250	4,952	1,425	5,287
1,080	4,603	1,255	4,962	1,430	5,297
1,085	4,614	1,260	4,972	1,435	5,306
1,090	4,624	1,265	4,982	1,440	5,315
1,095	4,635	1,270	4,992	1,445	5,324
1,100	4,646	1,275	5,002	1,450	5,334
1,105	4,656	1,280	5,011	1,455	5,343
1,110	4,667	1,285	5,021	1,460	5,352
1,115	4,677	1,290	5,031	1,465	5,361
1,120	4,688	1,295	5,041	1,470	5,371
1,125	4,698	1,300	5,050	1,475	5,380
1,130	4,709	1,305	5,060	1,480	5,389
1,135	4,719	1,310	5,070	1,485	5,398
1,140	4,728	1,315	5,079	1,490	5,407
1,145	4,740	1,320	5,089	1,495	5,416
1,150	4,750	1,325	5,099	1,500	5,426

Col valore di f , si determina in un batter d'occhio la *lunghezza della palmetta*, ossia la *larghezza netta della ruota*, dividendo la superficie della palmetta per l'altezza. Chiamando adunque l la lunghezza e b la larghezza delle palmette, si ha

$$l = \frac{f}{b}.$$

Alla lunghezza della palmetta, ovvero alla larghezza netta della ruota si aggiunga la grossezza dei quarti della ruota, e l'agio tra questi e le pareti della doccia, e si otterrà la larghezza della doccia stessa.

La larghezza delle palmette si tiene ordinariamente tra li due palmi e mezzo e li tre e mezzo, secondo che è minore o maggiore la misura dell'acqua disponibile; lo spessore dei quarti è di 7 a 10 centimetri; e l'agio tra i quarti e le sponde della doccia dalli 25 alli 35 centimetri.

Applicazione. Si cerca la larghezza della doccia per una ruota cerchiata animata da una corrente della portata di 350 palmi cubici e con 6 palmi di altezza per la velocità?

Abbiamo $M = 0,350$, $h = 0,60$ e quindi la celerità dell'acqua urtante

$$c = 4,4292 \sqrt{0,60} = \text{met. } 3,431,$$

e la velocità della ruota al centro delle palmette

$$v = \frac{3,431}{2} = 1,716.$$

La superficie pertanto della palmetta, sarà

$$f = \frac{0,350}{1,716} = \text{met. quad. } 0,203$$

e supponendo la sua larghezza di due palmi e mezzo, la lunghezza della palmetta, o la larghezza della ruota risulterà espressa da

$$l = \frac{0,203}{0,25} = 0,81.$$

Ritenuto poi lo spessore dei quarti = 9 centimetri e l'agio di 25, si avrà la larghezza della doccia eguale

$$0,81 + 2. 0,09 + 2. 0,25 = \text{met. } 1,49.$$

Nelle ruote senza cerchiatura la larghezza relativa allo spessore de' quarti resta naturalmente eliminata; però il calcolo si conserva del pari.

È sempre meglio abbondare nella larghezza delle palmette; però, sebbene le ruote troppo strette nella maggior parte dei casi riescano svantaggiose, perchè l'acqua non può capirvi, e risalta al disopra delle palmette, ciò non pertanto anche quelle molto larghe in proporzione al corpo d'acqua, non sono da consigliarsi. L'esperienza insegna che sono egualmente vantaggiose, il che si vede chiaro doversi attribuire al maggior vento che rimane al disotto della ruota.

Se nel fabbricare si tien conto della frequente scarsità dell'acqua, allora non occorre una larghezza maggiore di quella dedotta col calcolo: negli altri casi si possono aggiungere da otto a quindici centimetri. Comunemente però si inciampa nel difetto non trascurabile di fare le ruote troppo larghe quando l'acqua è scarsa e di tenerle molto strette lorquando è tanta.

CAPO QUARTO

Dimensioni delle ruote.

§ 48.

Nella costituzione di un mulino, la grandezza delle ruote è un argomento di tutta importanza; perchè ne dipende che la macina faccia l'opportuno numero di rivoluzioni in un determinato tempo, che le palmette della ruota si muovano con velocità commisurata a quella dell'acqua motrice, e che tutta la fabbrica del mulino riesca comoda e durevole.

Il numero dei giri della ruota idraulica, in un dato tempo, supposto uguale il diametro, dipendendo dalla celerità delle sue palmette, ne segue, che paragonando questo numero, con quello dei giri della pietra, in altrettanto tempo, deve scaturirne il rapporto della grandezza da assegnare alle ruote perchè la fabbrica riesca comoda e stabile.

La grandezza di ciascuna ruota poi è determinata dal numero dei denti, o fusi, e dal loro intervallo da mezzo a mezzo: questo intervallo nelle ruote che s'ingranano deve essere eguale, e si prende ogni volta come le circostanze lo consigliano. Il numero dei denti e dei fusi adunque è regolato sul rapporto che deve sussistere tra le rivoluzioni della ruota idraulica, e quelle della macina in tempi eguali.

§ 49.

Per trovare l'espressione generale del preciso rapporto tra le rivoluzioni, ed il numero dei denti e dei fusi di due ruote che s'ingranano, si pongano le seguenti denominazioni, e sia (fig. 38, tav. VII)

- m* il numero delle rivoluzioni della ruota *A* in un minuto;
- n* il numero delle rivoluzioni della ruota *B* in pari tempo;
- a* il numero dei denti della ruota *A*;
- b* il numero dei fusi della ruota *B*.

Immaginiamoci ora che i fusi della ruota *B* sieno la metà dei denti della ruota *A*; in allora la prima farà due giri intanto che la seconda ne fa uno; che se i fusi di *B* saranno il terzo dei denti di *A*, quella girerà tre volte ad ogni giro di questa e così via; cosicchè quando i

fusi di B sieno $\frac{1}{n}$ dei denti di A , per ogni giro di A se ne avranno $\frac{1}{n}$ di B . Dunque il numero delle rivoluzioni è in ragione inversa di quello dei denti e dei fusi, ossia

$$m : n :: b : a.$$

Chiamansi ordinariamente *ruote di potenza*, od *operanti* quelle che ingranano in altre, movendole, o tentando di muoverle; e *ruote di resistenza*, o *resistenti* quelle ingranate, che sono mosse, o sollecitate al moto, e che quindi oppongono una certa resistenza. Conseguentemente quando due ruote s'ingranano, dicesi che il numero dei denti, o fusi della ruota operante sta al numero dei fusi, o denti della ruota resistente, come le rivoluzioni dell'ultima stanno a quelle della prima.

Nei mulini semplici va considerato come ruota di potenza lo scudo, e come ruota di resistenza la lanterna; e siccome i giri del primo pareggiano quelli della ruota idraulica, e quelli della lanterna sono tanti come quelli della macina, così potrà dirsi ancora che

il numero dei denti dello scudo sta al numero dei fusi della lanterna, come il numero delle rivoluzioni della macina sta al numero delle rivoluzioni della ruota idraulica, in tempi eguali.

Due ruote che s'ingranano costituiscono una *coppia* di ruote ingrananti; cosicchè se la ruota A ingrana nella ruota B fig. 39, e nell'albero di quest'ultima sia infissa un'altra ruota C che ingrani essa pure nella ruota D , si avrà un sistema binato di ruote ingrananti, e su quest'ordine potranno aversi tre, quattro e più coppie.

Rappresenti

m il numero dei giri, ed

a il numero dei denti della ruota A ;

m' il numero dei giri, ed

a' il numero dei denti della ruota C ;

n' il numero dei giri, e

b il numero dei fusi della ruota B ;

n il numero dei giri, e

b' il numero dei fusi della ruota D ;

pei principj suesposti sarà

$$m : n' :: b : a, \text{ ed}$$

$$m' : n :: b' : a'$$

ma poichè le due ruote B e C sono portate da un medesimo asse, così sarà $m' = n'$, e quindi

$$m : n :: b b' : a a'$$

ossia, ingranandosi due coppie di ruote, starà il prodotto del numero dei denti, o fusi delle ruote di potenza, al prodotto del numero dei fusi, o denti delle ruote di resistenza, come il numero delle rivoluzioni dell'ultima ruota di resistenza al numero delle rivoluzioni della prima ruota di potenza.

Le ruote che ingranano sieno in maggior numero, ed a dimostrazione d'esempio, tre coppie; a'' e b'' abbiano per la terza coppia lo stesso significato attribuito a queste lettere per le altre due; ritenuto che n rappresenti il numero delle rivoluzioni dell'ultima ruota, si trova similmente

$$m : n :: b' b'' : a' a''$$

ed i ragionamenti fatti valgono non solo per due, ma altresì per tre, quattro e più coppie di ruote che ingranino fra di loro.

Negli usuali mulini composti (fig. 22) lo scudo e la ruota a corona ossia li due scudi rappresentano le ruote di potenza; il rocchetto e la lanterna ossia le due lanterne, sono le ruote di resistenza, si ha quindi che *il prodotto dei denti degli scudi sta al prodotto dei fusi delle lanterne, come il numero delle rivoluzioni della macina sta al numero delle rivoluzioni della ruota idraulica.*

Con facilità si possono applicare le cose dette superiormente anche alle composizioni tracciate colle fig. 23, 24 e 25.

Ma per poter determinare col sussidio delle leggi dichiarate il numero dei denti e dei fusi, è necessario primieramente di sapere il numero delle rivoluzioni che devono eseguire in un determinato tempo la macina e la ruota idraulica. — Noi quindi innanzi, parlando di tempo, riterremo sempre il *minuto*, cosicchè trattando del numero delle rivoluzioni senz'altro aggiungere, supporremo quello che corrisponde ad un minuto di tempo.

§ 5o.

Dalla maggior parte dei trattatisti pratici, egualmente che nella pratica effettiva, si ritiene tuttavia che la macina debba fare un certo numero di giri coordinato al diametro della ruota idraulica; e che dallo stesso diametro debbano essere desunti anche i diametri, o le dimensioni delle altre ruote. Il Beier per un esempio, ed altri con lui ragionano a questo modo: se si fosse riconosciuta conveniente la proporzione di una macina che con una ruota di otto braccia facesse 12 giri, una macina che venisse mossa da una ruota di dieci braccia, dovrebbe girare $\frac{12 \cdot 10}{8} = 15$ volte ad ogni rivoluzione della medesima.

Siccome però il numero delle rivoluzioni della ruota non dipende dal solo suo diametro, ma anche dalla sua velocità; e questa velocità è funzione di quella dell'acqua; la quale anch'essa è prodotta dall'altezza competente alla medesima velocità; così è facile a vedersi che questo numero di rivoluzioni può variare assai per le diverse altezze prementi, quand'anche si conservi eguale il diametro delle ruote. Ora il numero de' giri della macina non deve variare per una stessa misura proporzionalmente, il che potrebbe aver luogo soltanto fortuitamente; quindi l'accennato calcolo deve essere inesatto. — Il rapporto del numero dei giri della ruota, a diametro uguale, quando le altezze a cui è dovuta la velocità dell'acqua si suppongano di mezzo metro e di un metro, è prossimamente di 5 a 7: ora se la macina in questa doppia ipotesi dovesse fare lo stesso numero di giri, non potrebbe naturalmente verificarsi con esattezza, per una almeno, o fors'anco per entrambe, la proporzione accennata al § 49.

Lo stesso avverrebbe, se tenuto uguale il diametro della ruota e l'altezza dovuta alla velocità, si volesse variare il numero delle rivoluzioni della macina; e questo è il caso più frequente; e i diversi scrittori che lo assegnano tra le 50 e le 130 avrebbero, almeno i primi, calcolato certamente colla stessa precisione usata dal Neumann, il quale trovò questo numero in un luogo di 70, in un altro di 120, in un terzo di 180, e così discorrendo.

Non potrà quindi l'esposta ipotesi essere generalizzata, ma si limiterà alla specialità del caso; che se in circostanze dissimili, i costruttori usano bene spesso di quest'unica regola, sembra esser questa singolarmente una delle precipue ragioni per cui un mulino riesce più o men bene di un altro. E dovrebbe anzi far specie se la cosa fosse diversamente.

Sarà dunque necessario ogni volta rintracciare colla scorta di altri principj il numero delle rivoluzioni della ruota e della macina, per coordinarvi il numero dei denti e dei fusi colle proporzioni accennate nell'antecedente paragrafo.

§ 51.

Non è ancora ben determinata un'espressione generale che rappresenti il numero dei giri di una macina. Esso varia moltissimo non solo da provincia a provincia, ma bene spesso in terre poco discoste, o talvolta anche fra stabilimenti vicini.

Alla risoluzione del problema dovrebbero servire di base le seguenti speciali considerazioni: cioè

1.° Le dimensioni della macina, che da noi, come in Germania si costuma regolarla fra un metro e un metro e mezzo, cosicchè per questo titolo non vi dovrebbe essere gran divario nel numero delle rivoluzioni. — In pratica si incontra talvolta di vedere che sieno mosse con maggiore celerità le macine grandi, a confronto delle più piccole, quando a giudicare della natura della cosa, dovrebbe essere il rovescio: questa circostanza ci avvisa subito che la soluzione del problema non dipende da questo titolo soltanto;

2.° La natura della pietra da cui è tratta la macina; perchè una qualità di pietra esige maggiore celerità di un'altra;

3.° Il modo col quale è aguzzata la pietra, come dice il mugnajo;

4.° La natura e qualità del grano che si macina usualmente;

5.° La maniera di apprestare il grano alla macinatura;

6.° La bontà della farina che se ne vuol ritrarre;

7.° La quantità di grano che si vuol macinare in un dato tempo.

Il numero dei giri della macina dovrebbe adunque venire determinato colla scorta di queste diverse considerazioni, e fors'anco di altre tuttora ignorate; ma ci abbisognano a tale effetto nuove e numerose sperienze ed osservazioni. Sarebbe a supporre che ciascun mugnajo spinto dall'interesse suo proprio, sappia trovare il grado di velocità che meglio si conviene al suo mulino, e ciò pare che avvenga in fatto. — Pure egli vi debb'essere del grand'arbitrio tuttavia, in quanto dipende singolarmente dalla economia e dalla consuetudine una volta abbracciate. Il mugnajo ingegnoso, il quale si studia soprattutto di rintracciare la disposizione che sia per riescirgli la più utile, potrà bene avere dato a' suoi macini una velocità da lui riputata la più acconcia, pure se avverrà che subentri un secondo mugnajo, animato anch'esso da uguale interessamento, tengasi quasi per certo che egli modificherà diversamente la velocità dei macini; e quand'anche questi usi dello stesso frumento, e ne ritragga farina similmente condizionata e buona, se cambierà le dimensioni, la qualità, e l'aguzzatura delle pietre e la conciatara del grano, o la quantità del macinato, non succederà mai del sicuro che si abbia un ricavo identico nelle due ipotesi, quand'anche si facesse a ciascun particolare la più minuta e scrupolosa attenzione.

Siccome la velocità della macina dipende anche dalla qualità del grano e della farina che vuole ricavarai, è piano l'avvedersi che spesso fiate essa dovrà variare nella stessa macina, anche a parità di circostanze; ed il complesso del meccanismo non potendo essere coordinato che ad una data velocità, succederà talvolta che debba variare in una stessa coppia di macini la proporzione stabilita al § 49, nel qual caso ci resta altro espediente

che di acconciare ogni cosa come meglio si addice alla qualità del grano e della farina che più spesso si lavorano.

Lo stesso si intende per ciò che riflette alla quantità del macinato, potendo solo desumersi dal fatto se debba preferirsi una disposizione analoga alla quantità presumibile del macinato o davanti le acque magre, o nelle mezzane, od allo scopo di alimentare continuamente una macina. Anche quivi pertanto converrebbe far conto delle considerazioni annunziate sotto i primi tre numeri della tabella del § 28.

E fintanto che una teorica, elevata di mezzo a copiose indagini ed osservazioni non ci offra un metodo più sicuro per determinare la velocità meglio confacente alle macine, l'Architetto pratico per proporzionare le dimensioni delle ruote del meccanismo, non ha che a supporre cognita la stessa velocità della macina, consultando la distribuzione e la consuetudine locale, ammenochè queste, a giudizio dell'intelligente a cui è commessa la direzione del nuovo stabilimento, non contrastino visibilmente al ben regolato impianto del medesimo.

Si può dunque procedere a questo modo:

a) Si ponga in movimento come conviene il mulino da rinnovarsi, o quel qualunque altro, che avendo compatibilmente comuni con quello che vuole fabbricarsi le condizioni accennate ne' sopradistinti sette articoli, si fosse perciò scelto a modello, e si tenga conto del numero delle rivoluzioni della macina.

b) Si disponga il nuovo meccanismo in modo di potere aumentare o diminuire la celerità della macina, corrispondentemente a quella della ruota idraulica, senza molta spesa e senza grande difficoltà. A questo può provvedersi sostituendo a cagion d'esempio ad una lanterna di 7 od 8 fusi, una lanterna che si avrà in pronto, con qualche fuso di più, o di meno.

c) Ultimata la fabbrica, si faccia agire il mulino, ed il costruttore, od il mugnaio perito, scelto a dirigerlo, enumeri le rivoluzioni della ruota idraulica, e le compari al complesso di quelle che la ruota dovrebbe fornire, se mediante le regole additate fosse costituita nella più vantaggiosa sua disposizione. Se la differenza è notabile, e non si possa raggiungere la perfezione se non coll'artificio proposto in b) allora sarà necessario lo applicarvi.

§ 52.

Per determinare il numero delle rivoluzioni dell'idraula, sia di bel nuovo

- h L'altezza dovuta alla velocità;
 v La velocità dell'acqua percuotente;
 c La velocità colla quale si scambiano le palmette della ruota; ed inoltre
 D Il diametro medio della ruota, ossia il diametro di quella periferia che passerebbe per il centro di tutte le palmette;
 m Il numero delle rivoluzioni della ruota in un minuto.

Si sa dalla geometria che la periferia di una ruota il cui diametro sia D , è eguale a $D\pi$, π essendo il noto rapporto 3,1416. Girando la ruota, ciascuna palmetta percorre questa periferia, ovvero sia uno spazio $= D\pi$, ed in un minuto ossia in m rivoluzioni, comunque grande sia la m , percorre uno spazio

$$= m D \pi.$$

Ciascuna palmetta corre in un secondo l'intervallo v , e quindi in un minuto, vale a dire in 60 secondi l'intervallo $60v$; e quindi sarà

$$m D \pi = 60v,$$

donde

$$(A) \quad m = \frac{60v}{D\pi}.$$

Ora dal §.47 abbiamo

$$c = 4,4292 \sqrt{h}, \text{ e } v = \frac{1}{2} c = 2,2146 \sqrt{h}$$

operciò

$$m = \frac{60 \cdot 4,4292 \sqrt{h}}{2 D \pi} = \frac{60 \cdot 4,4292}{2 \pi} \cdot \frac{\sqrt{h}}{D}$$

ossia

$$m = 42,30 \frac{\sqrt{h}}{D}.$$

Applicazione. Trovare il numero delle rivoluzioni di un'idraula di 5 metri d'altezza, essendo di sei palmi l'altezza competente alla velocità.

Abbiamo $h = 0,60$, $D = 5,00$ (supposto che la misura data corrisponda al diametro medio) ed il numero delle rivoluzioni in un minuto sarà

$$m = 42,30 \frac{\sqrt{0,60}}{5} = 6,51.$$

La tavola che segue è destinata a facilitare il calcolo del prodotto $42,30 \sqrt{h}$ pei battenti o le altezze di velocità da tre a quindici palmi, progredendo di cinque in cinque centimetri.

h	$42,3 \sqrt{h}$	h	$42,3 \sqrt{h}$	h	$42,3 \sqrt{h}$
Metri	Metri	Metri	Metri	Metri	Metri
0,30	23,18	0,70	35,41	1,10	44,42
0,35	25,02	0,75	36,63	1,15	45,26
0,40	26,73	0,80	37,82	1,20	46,53
0,45	28,38	0,85	39,00	1,25	47,38
0,50	29,91	0,90	40,14	1,30	48,22
0,55	31,39	0,95	42,24	1,35	49,07
0,60	32,78	1,00	41,30	1,40	49,91
0,65	34,09	1,05	43,15	1,45	50,76
0,70	35,41	1,10	44,42	1,50	51,61

Osservazione. Dalla formola (A) si ricava

$$1. D = 42,30 \frac{\sqrt{h}}{m} \bullet$$

$$2. h = \left(\frac{m D}{42,30} \right)^2 = 0,000562 m^2 D^2 \text{ prossimamente.}$$

Queste espressioni servono ne' casi frequenti che si abbia determinato il numero dei giri dell'idraula, come nelle gualchiere e nei magli, e che data l'altezza competente alla velocità, si voglia desumere il diametro della ruota, e reciprocamente.

§ 53.

Trovato che siasi coi metodi proposti negli antecedenti §§ 51 e 52 il numero delle rivoluzioni della mola e della ruota idraulica, riesce agevole, colla scorta del § 49 l'assegnare il numero dei denti e dei fusi.

Esprima $\left\{ \begin{array}{l} a \text{ il numero dei denti dello scudo, o ruota a corona} \\ b \text{ il numero dei fusi del rocchetto, o lanterna} \\ m \text{ il numero delle rivoluzioni dell'idraula} \\ n \text{ il numero delle rivoluzioni della ruota.} \end{array} \right.$

Per l'accennato § 49 sarà il numero dei denti della ruota dentata, al numero dei fusi della lanterna, come le rivoluzioni della mola a quelle dell'idraula, ossia

$$a : b = n : m \quad \text{ovvero}$$

$$\frac{a}{b} = \frac{n}{m}$$

Or quivi trattasi di vedere se debbasi suppor cognito piuttosto l' a che il b . Nella pluralità dei casi è meglio ritenere per dato il valore di b giacchè questo è assai limitato e piccolo in confronto di quello di a . Ammesso ciò si trova

$$a = \frac{b n}{m},$$

vale a dire, si trova la quantità dei denti dello scudo di un mulino semplice, moltiplicando il numero dei fusi della lanterna col numero delle rivoluzioni della mola, e dividendo il prodotto pel numero delle rivoluzioni della ruota idraulica.

APPLICAZIONE 1.^a

Vuolsi assegnare il numero dei denti e dei fusi di un mulino semplice, il quale deve avere la mola che faccia 120 giri in un minuto, mentre la ruota idraulica ne compie $8\frac{3}{4}$.

Sono dati $n = 120$, $m = 8\frac{3}{4}$ e vien supposto $b = 7$, cosicchè il numero dei denti dello scudo risulta di

$$a = \frac{7 \cdot 120}{8\frac{3}{4}} = \frac{7 \cdot 120 \cdot 4}{35} = 96.$$

Spesse volte a e b si possono trovare con metodo più conciso, conservando l'analogia

$$\frac{a}{b} = \frac{n}{m};$$

così nell'applicazione precedente si avrebbe

$$\frac{a}{b} = \frac{n}{m} = \frac{120}{8\frac{3}{4}} = \frac{120 \cdot 4}{35} = \frac{24 \cdot 4}{7} = \frac{96}{7}.$$

Se m non ha fattori comuni con b e con n per determinare il numero dei denti e dei fusi in quest'ultima maniera, si farà conto delle frazioni approssimative; in questo caso però si procede più francamente col primo metodo. La parte frazionaria, oltre l'intero che risulta dal calcolo, si trascura naturalmente.

APPLICAZIONE 2.^a

Si determini il numero dei denti dello scudo di un mulino semplice, ritenuto che la mola debba fare 110 giri in un minuto e l'idraulica $7\frac{2}{3}$ solamente, e che la lanterna sia di sette fusi.

Quivi si ha $n = 110$, $m = 7 \frac{2}{3} = \frac{23}{3}$ e $b = 7$

e quindi il numero dei denti dello scudo sarà

$$u = \frac{7 \cdot 110 \cdot 3}{23} = 100 \frac{10}{23}$$

dove la frazione $\frac{10}{23}$ dovrebbe trascurarsi.

$$\text{Ponendo invece } \frac{a}{b} = \frac{n}{m} = \frac{110}{\frac{23}{3}} = \frac{330}{23}$$

si ottiene una frazione la quale non può semplificarsi se non per approssimazione. — Riducendola si trova $\frac{330}{23} = \frac{14}{1} = \frac{29}{2} = \frac{43}{3}$ ecc.,

dove la sola frazione $\frac{14}{1}$ è riducibile senza ulteriore residuo. Sarà quindi

$$\frac{a}{b} = \frac{14}{1} = \frac{14 \cdot 7}{7} = \frac{98}{7} \text{ ossia } a = 98 \text{ e } b = 7.$$

Si vede facilmente che il primo dei valori trovati di a deve avvicinarsi al vero più dell'ultimo, dovendo sempre essere $\frac{a}{b} = \frac{n}{m}$.

Più avanti farò vedere come abbandonando una frazione quale è questa di $\frac{10}{23}$ e talvolta anche uno o due denti, l'errore che si commette, è meno osservabile, di quello che lo sia la robustezza ed il comodo che acquista in complesso l'organismo della macchina.

§ 54.

Allo stesso modo, e sempre coi principj del § 49 si stabilisce il numero dei denti e dei fusi anche nei mulini di macchinismo composto.

Al paragrafo citato si è conchiuso che

Il prodotto dei denti degli scudi, sta a quello dei fusi delle lanterne, come il numero dei giri della mola sta al numero dei giri dell'idraula.

Ora, ritenuto per m ed n il significato loro attribuito nel paragrafo antecedente, chiamisi

a il numero dei denti del primo scudo

a' il numero dei denti del secondo scudo

b il numero dei fusi della prima lanterna
 b' il numero dei fusi della seconda lanterna
 e si avrà

$$a a' : b b' = n : m, \text{ donde}$$

$$\frac{a a'}{b b'} = \frac{n}{m}.$$

I valori di m e di n possono decomporci in fattori, o ciò che torna più facile e comodo, e conduce ben di spesso più francamente allo scopo, si suppongono cognite tre delle quattro quantità a , a' , b , b' e si determina con tale artificio la quarta. In quest'ultimo caso succede le molte volte che risultino dei valori impropri, e che debba ripetersi il calcolo con altre supposizioni; ma è cosa subito fatta.

Ordinariamente sono le quantità minori b , e b' che si danno per cognite, perchè queste vagano entro brevi confini, e perchè è più facile per tal modo di toccare alla perfezione.

Dall'ultima equazione si ricava:

$$1) \quad a = \frac{b b' n}{a' m};$$

$$2) \quad a' = \frac{b b' n}{a m};$$

$$3) \quad b = \frac{a a' m}{b' n}, \text{ e}$$

$$4) \quad b' = \frac{a a' m}{b n}.$$

APPLICAZIONE 1.^a

Si vuole determinare il numero dei denti e dei fusi di un mulino composto, colla ruota idraulica che compie 5 giri e mezzo in un minuto, intanto che la macina ne compie 150?

I dati sono $m = 5 \frac{1}{2} = \frac{11}{2}$ ed $n = 150$;

suppongasì inoltre $a' = 64$; $b = 44$ e $b' = 7$, ed il numero dei denti del primo scudo, per la formola n.^o 1, risulta

$$a = \frac{7 \cdot 44 \cdot 150}{64 \cdot \frac{11}{2}} = 131.$$

Questo numero, come si dimostra al § 60 e seguenti, non torna opportuno alla buona economia de' mulini nostrali: si cimentino quindi li nuovi valori

$$a' = 72, b = 36 \text{ e } b' = 7 \text{ con che avremo}$$

$$a = \frac{7 \cdot 36 \cdot 150}{72 \cdot \frac{11}{2}} = 96.$$

Sarebbe quindi $a = 96, a' = 72, b = 36 \text{ e } b' = 7$ donde

$$\frac{a a'}{b b'} = \frac{96 \cdot 72}{36 \cdot 7} = 27 \frac{3}{7} \text{ il quale rapporto a confronto di quello ri-}$$

sultante dagli altri due termini $\frac{n}{m} = \frac{150}{\frac{11}{2}} = 27 \frac{3}{11}$, offre un di-

vario di nessuna entità per la riuscita del macchinismo.

APPLICAZIONE 2.^a

Assegnare il numero dei denti e dei fusi di un mulino composto nell'ipotesi che la macina debba fare 130 rivolgimenti al minuto, e la ruota idraulica $6 \frac{2}{3}$?

Sostituendo i valori dati abbiamo

$$m = 6 \frac{2}{3} = \frac{20}{3} \text{ ed } n = 130.$$

Riterremo inoltre

$$a = 72, b = 40 \text{ e } b' = 7$$

ed il numero dei denti del secondo scudo per la formola n.^o 2 sarà espresso da

$$a' = \frac{40 \cdot 7 \cdot 130}{72 \cdot \frac{20}{3}} = 76.$$

Siccome non è buona regola che i denti del secondo scudo sieno in maggior numero di quelli del primo, in questo caso si potranno permutare indifferentemente ritenendo li 76 al primo, e li 72 al secondo, giacchè il prodotto di questi fattori resta sempre lo stesso.

Pongasi invece $a = 76, b = 36 \text{ e } b' = 7$; allora diventerà

$$a' = \frac{36 \cdot 7 \cdot 130}{76 \cdot \frac{20}{3}} = 64.$$

In quest' ultimo supposto sarebbe

$$\frac{a a'}{b b'} = \frac{76.64}{36.7} = 19 \frac{19}{63}$$

e nel primo

$$\frac{a a'}{b b'} = \frac{76.72}{40.7} = 19 \frac{19}{35}$$

e tanto l' un rapporto che l' altro si approssimerebbe bastevolmente a quello di

$$\frac{m}{n} = \frac{130}{\frac{20}{3}} = 19 \frac{1}{2}.$$

Si è già osservato di sopra, che conviene ritenere per dati i valori di b e b' che sono sempre i più piccoli. Quando però accadesse di dover rintracciare questi sulla base di quelli di a ed a' , si procederà ugualmente servendosi delle formole n.° 3 e 4.

Medesimamente, e colle norme del § 49 si potranno trovare i denti ed i fusi da distribuirsi sulle ruote di un meccanismo a triplo ingranamento.

§ 55.

Per trovare il diametro delle ruote, quando si sia fissato il numero dei denti e dei fusi, si denomini

α il numero dei denti o dei fusi che deve avere la ruota;

t una delle divisioni, ovvero sia l' intervallo di due denti o fusi, da centro a centro;

d il diametro medio della ruota, vale a dire il diametro di quella circonferenza che passa pel centro di ciascun dente, o fuso della ruota.

Si misuri uno degli archi della circonferenza media, tra due contigue divisioni, considerando l' arco come se fosse una retta, e la lunghezza della periferia risulterà $= \alpha t$, cosicchè starà la proporzione di

$$\pi : 1 = \alpha t : d \text{ e quindi}$$

$$d = \frac{\alpha t}{\pi}, \text{ e ponendo } \pi = 3,1416,$$

$$\text{si avrà ancora } d = \frac{t}{3,1416} \alpha t = 0,3183 \alpha t.$$

Applicazione. Si cerca il diametro di una ruota dentata con 72 denti spaziatifra loro un decimetro.

$$\text{Si ha } \alpha = 72 \text{ e } t = 0,10$$

epperchè il diametro

$$d = 0,318. 72. 0,10 = 2,29.$$

Il carpentiere nel fabbricare le ruote, è ben raro che ne calcoli il diametro, ed invece lo cerca con una costruzione geometrica a questo modo:

1.° Suddivide una delle divisioni in 11 parti, e prese 7 di queste per unità, le segna su di una riga tante volte quanti sono i denti o fusi che entrano in un quadrante della ruota, e la lunghezza che ne risulta la ritiene per raggio della circonferenza media; oppure

2.° Segna su di una retta altrettante divisioni, quanti sono i denti della ruota sul quadrante; divide la lunghezza che si ottiene in 11 parti, e ne piglia 7 per raggio della circonferenza media.

Si vede subito che questa procedura è geometricamente esatta, poichè dipende dalla relazione tra la periferia ed il diametro di 7 a 22. Infatti contrassegnando a il numero dei denti o fusi, t una divisione, e d il diametro della

ruota, giusta il primo metodo si trova il raggio $= \frac{t}{11} \times 7 \times \frac{1}{4} a = \frac{7}{44} a t$,

e quindi $d = \frac{7}{22} a t$.

Colla seconda costruzione si trova il raggio

$$= \frac{1}{4} \cdot \frac{a t}{11} \times 7 = \frac{7}{44} a t$$

ed il diametro $d = \frac{7}{22} a t$; e quindi per entrambi i metodi di costruzione

$$a t : d = 22 : 7.$$

Questa operazione però esige una precisione superiore a quella compatibile coll'uso degli stromenti che servono a segnare le divisioni, oltrechè riesce sommamente scabroso col compasso usuale di determinare i membri più grandi col sussidio dei minori: poca maraviglia quindi se alcune ruote non riescono come dovrebbero. Del resto, quando non si voglia, o non si sappia fare altrimenti, si preferisca sempre il secondo dei metodi grafici suesposti.

Non pare credibile che possa darsi il caso di dover preferire un metodo riprovato: èppure nasce di frequente, e l'uomo il più istruito, non può far altro che attendere a far sì che gli errori non diventino almeno troppo grandi; e l'impedire anche questo è già una difficoltà. Vi sono dei mugnaj che sentono e seguono volentieri i buoni suggerimenti e le utili prescrizioni; ma una gran parte di costoro diffidano apertamente di qualunque

calcolo e non si persuadono per niente a rifiutare i metodi empiricamente appresi, continuando a fare a modo loro, benchè non sappiano addurne ragione. Chi fabbrica, di solito ha più fiducia nell'operaio che nell'Architetto, e questi per scansare molestie, bisogna che asseconi, fintanto che gli sbagli non diventano madornali. — L'enumerazione delle moltissime cause di questi mali, qui sarebbe fuor di proposito.

§ 56.

Sviluppando la formola antecedente per rinvenire il diametro delle ruote, fu supposto che quell'archetto della circonferenza media costituente una divisione, potesse riguardarsi siccome una linea retta. Ma se le ruote sono piccole, come le lanterne, e i rocchetti, si vede facilmente che allora la lunghezza dell'arco corrispondente a ciascuna divisione non può pareggiarsi alla rispettiva sottesa, o corda, perchè l'arco essendo maggiore della corda, se si avesse a desumere il diametro colla formola anzidetta, questo risulterebbe troppo piccolo in confronto al vero. Infatti con quella formola, il diametro di un rocchetto a sei fusi ripartiti coll'intervallo di un decimetro, si trova $= 0,318. 0,1. 6 = 0,19$; ma è noto abbastanza che il raggio è compreso sei volte nella periferia, e che quindi il diametro dovrebbe uguagliare due divisioni, ossia 0,20.

Per trovare adunque una formola generale che dia esattamente il diametro di cotali ruote, sia fig. 40

$AB = t =$ ad un intervallo

$\beta =$ al numero dei denti, o fusi;

$AC = CD = CB = CF = r =$ al raggio

$AF = 2AC = d =$ al diametro;

sia per anco $AE = EB = \frac{1}{2} t$;

e quindi

$$\frac{1}{2} t = r \text{ Sen. } \frac{1}{2} ACB$$

siccome poi

$$ACB = \frac{360^\circ}{\beta}; \text{ così } \frac{1}{2} ACB = \frac{180^\circ}{\beta} \text{ ed}$$

$$\frac{1}{2} t = r \text{ Sen. } \frac{180^\circ}{\beta}, \text{ donde}$$

$$r = \frac{\frac{1}{2} t}{\text{Sen. } \frac{180^\circ}{\beta}} = \frac{1}{2} t \cdot \frac{1}{\text{Sen. } \frac{180^\circ}{\beta}} :$$

Sappiamo dalla trigonometria (1) che $\frac{1}{\text{Sen. } z} = \text{Cosec. } z$; e facendo

$$z = \frac{180^\circ}{\beta} \text{ si ha } \frac{1}{\text{Sen. } \frac{180^\circ}{\beta}} = \text{Cosec. } \frac{180^\circ}{\beta} \text{ epperò}$$

$$r = \frac{1}{2} t \cdot \text{Cosec. } \frac{180^\circ}{\beta} \text{ da cui}$$

$$s = t \cdot \text{Cosec. } \frac{180^\circ}{\beta}.$$

Pongasi per abbreviazione $\text{Cosec. } \frac{180^\circ}{\beta} = q$ e si avrà

$$s = q t.$$

La tabella seguente comprende tutti i valori di q da $\beta = 5$ a $\beta = 24$ inclusivamente.

β	$\text{Cosec. } \frac{180^\circ}{\beta} = q$	β	$\text{Cosec. } \frac{180^\circ}{\beta} = q$
5	1,7013016	15	4,8097343
6	2,0000000	16	5,1258309
7	2,3047650	17	5,4421939
8	2,6131259	18	5,7587705
9	2,9238044	19	6,0755383
10	3,2360680	20	6,3924532
11	3,5494715	21	6,7095142
12	3,8637033	22	7,0266766
13	4,1785830	23	7,3439504
14	4,4939610	24	7,6612976

(1) Lotteri, *Lezioni d'introduzione al calcolo sublime*, part. 1.^a, c. XVIII, art. I, p. 359, ediz. di Pavia per Bizzoni, 1822.

Applicazione. Si rinvenga il diametro di un rocchetto a dieci fusi con un decimetro d'intervallo tra loro.

Avendosi $t = 0,10$ e $q = \text{Cosec. } \frac{180^\circ}{10} = 3,236$ giusta la tabella qui annessa, il diametro medio sarà espresso da

$$d = 3,236 \cdot 0,10 = 0,3236.$$

§ 57.

È stato antecedentemente dimostrato come debba regularsi il numero dei denti e dei fusi, e con esso la grandezza delle ruote, vale a dire, si sono dichiarati i rapporti reciproci, onde la velocità dell'idraula sia commisurata all'impulso dell'acqua, quando la macina gira convenientemente; o viceversa, che la macina faccia le necessarie rivoluzioni, quando l'idraula si muove con quella celerità a cui corrisponde il massimo effetto utile. Col fatto però si vede che questa proporzione può conservarsi sempre intatta anche variando immensamente la grandezza delle ruote. Vi sono dunque altre cause che influiscono in qualche modo a modificare le dimensioni delle ruote.

Queste cause stanno segnatamente nella costruzione delle altre parti del mulino, nelle circostanze locali, e nell'impianto durevole e comodo di tutto l'edificio: i calcoli riferiti non servono quindi che a fornire il rapporto indicato in principio di questo paragrafo, con cui regolare la grandezza delle ruote accomodandola alle circostanze locali, ed alla maggiore verosimile durata e comodità dell'edificio.

In generale, non può accertarsi cosa alcuna sulla grandezza da darsi alle ruote, dacchè questa quasi in ogni occorrenza esige speciali considerazioni, tanto è arbitraria. Verrà indicato in seguito entro quali confini convenga presumibilmente arrestarsi, lasciando del resto al discernimento dell'Architetto lo eleggere le dimensioni più opportune ed applicabili a ciascuna circostanza determinata.

§ 58.

L'elevatezza delle ruote a palmette non è determinata dalla caduta, come nelle ruote a cassette. Essa non contribuisce punto ad aumentare, o diminuire l'effetto del mulino, giacchè la forza dell'acqua, come si è veduto nell'antecedente capitolo, è uguale tanto nelle ruote alte che nelle basse, e perchè sia colle une che colle altre per quello che si è detto nei supe-

riori paragrafi, adattando convenientemente il meccanismo interno, si ottiene la velocità competente alla pietra. Dunque l'altezza delle ruote è per lo meno indifferente.

Colle ruote a palmette basse è più facile che venga sconcertata la comodità ed il buon ordine nell'interno; lo scudo riesce troppo basso, e tra il rocchetto e l'albero non vi resta spazio per il ponticello, per il palo, ecc. Si ama tenere l'albero piuttosto elevato, perchè così il pavimento del mulino non risulta troppo depresso, prima, perchè è già umido per sè stesso, poi, perchè nelle piene patirebbe troppo il ringorgo. Oltrecciò l'esperienza insegna che le ruote piuttosto alte mantengono il moto più durevole ed uniforme, e si ha pure il vantaggio che agiscono molte palmette ad un tratto. Il primo di questi vantaggi dipende dalla maggior massa della ruota, la quale posta una volta in moto, supera le scosse del meccanismo interno meglio che non farebbe una massa piccola, o a meglio dire, fa l'ufficio di volante; l'altro è che nelle grandi ruote resta minor distacco tra le palmette ed il fondo della gora, oltredicchè le palmette delle ruote grandi sprazzano l'acqua meno delle piccole.

Ma questa grandezza ha pure i suoi limiti. Una ruota grande è meno robusta di una piccola, esige una struttura più forte, ed aggrava maggiormente gli alberi ed i perni. Inoltre nei meccanismi semplici, quando la ruota è assai grande, bisogna fare egualmente grande anche lo scudo, e ciò esige molto spazio, e spesso ne soffre la solidità: perciò l'altezza delle ruote nei mulini semplici si restringe tra li 4 alli 6 metri, e nei composti si porta dalli 5,50 alli 8 circa adottando le più piccole e leggieri per mulini che spesso penuriano d'acqua, e le più grandi per quelli che ne hanno a sazietà.

Nel caso di più ruote alla sfilata, le inferiori resterebbero più depresse; cosicchè volendo portare tutti gli alberi ad un piano, non si ha che ad aumentarne il raggio in ragione della profondità a cui vanno collocate.

Il rocchetto nei mulini semplici per lo più si fa di 6 a 9 fusi, e lo scudo di 60, 100 a 120 denti tutto al più. Gli scudi più grandi vogliono essere scansati se è possibile, essendo troppo soggetti a contorcersi; che se non fossero adattati a somministrare le rivoluzioni necessarie, allora è meglio appigliarsi al meccanismo composto (§ 11).

Nei meccanismi a doppia ingranatura si danno al secondo scudo 68 a 96 denti, ed al primo 56 fino a 76; alla lanterna, o gabbia invece 32 fino alli 52 fusi, ed al rocchetto, o pignone 7 fino a nove fusi. Inoltre si procura di regolarsi in modo che i fusi della lanterna sieno il quintuplo, od

il sestuplo di quelli del rocchetto, ed i denti del secondo scudo sieno da $\frac{1}{4}$ ad $\frac{1}{8}$ più di quelli del primo.

Ordinariamente è meglio abbondare nelle dimensioni tanto delle parti interne, quanto della ruota idraulica, ben inteso che vi sia lo spazio confacevole.

§ 59.

Perchè i denti e i fusi di due ruote ingrananti si consumino uniformemente, conviene regolarne il numero in modo che non abbiano fattori comuni, altrimenti non si alternano a vicenda nel loro giro. Così per es. una ruota a 64 denti accoppiata ad una lanterna a 32 fusi imboccherà sempre cogli stessi due denti nel medesimo fuso. Questo è il massimo errore che possa commettersi contro l'accennata regola. In una ruota di 72 denti con una lanterna a 32 fusi, si avrebbe l'8 per fattor comune, e l'alternazione sarebbe di 9 sopra uno, vale a dire che ciascun fuso scambierebbe via via nove denti; per 60 denti e 36 fusi, lo scambio sarebbe di uno ogni cinque; per 64 denti e 24 fusi, di 8, ecc. Che se non avranno altro fattor comune fuori l'unità, i denti ed i fusi si scambieranno in modo da imboccarsi tutti l'un l'altro ordinatamente (1).

Vedremo avanti come si possa agevolare la costruzione delle ruote, ed aumentarne in certo modo la robustezza, col dar loro un numero di denti che sia divisibile per il numero delle braccia, od anche per quello dei quarti di cui sono composti. In pratica però basta che i fattori comuni ai denti ed ai fusi di due ruote ingrananti non sieno molto grandi.

I denti dello scudo si scambieranno convenientemente coi fusi della lanterna, facendo quest'ultima di sette, ed il numero dei denti costituendolo un multiplo di 4, 6, 8, fatta eccezione alli numeri 56 e 112. In molti casi però il vantaggio di tenere la lanterna di sei, o di otto fusi, prevale al danno della alternazione disadatta: vuolsi solo considerare quale vantaggio si abbia invece di accoppiare uno scudo di 108 denti ad una lanterna di sette fusi, l'accoppiare uno scudo di 92 denti ad una lanterna di sei fusi. — Inoltre il danno dello scambio disadatto non è poi tanto. Esso deve es-

(1) Questo avvertimento sulla convenienza di procurare che il numero dei denti di una ruota, ed i fusi di una lanterna non abbiano divisori comuni lo troviamo fatto da Camus nel suo *Trattato di meccanica*, tom. 2, e lo riferiscono anche il Belidor al § 319, lib. I, cap. II, vol. I dell'*Architettura idraulica*, ed Olivier Evans nella sua *Guida del mugnaio e del fabbricatore di mulini*, § 82, ediz. di Parigi del 1830.

essere massimo quando il numero dei denti è divisibile senza resto per il numero dei fusi, perchè allora sono sempre quegli stessi denti che imboccano in un dato fuso, e siccome il legno di cui sono fabbricati i denti e i fusi, non è in tutti di fibra omogenea, avviene che alcuni si consumano più presto degli altri. — Ogniqualvolta si dovrà levare una lanterna, nel rimetterla si avrà l'avvertenza di incastrare lo stesso fuso coi medesimi denti. Dovendo rinnovarla una lanterna, tornerebbe inutile questa precauzione.

§ 60.

La grandezza delle ruote dipende anche dalla distanza reciproca de' suoi denti. La teorica non permette di determinarla facilmente, per le molte condizioni da aversi presenti, che non sempre possono calcolarsi bene.

Si scorge chiaramente, e lo insegna l'esperienza, che le ruote a denti spessi girano assai meglio e più dolcemente di quelle a denti radi. Sarà dunque ben fatto il limitarne le dimensioni al puro bisogno richiesto dalla consistenza del legno, e dalla forza che devono esercitare.

Nei mulini provveduti d'acqua perenne, e costrutti con membri robusti, il compartimento dei denti delle ruote che compongono il meccanismo grande (§ 11) si tiene da $11 \frac{1}{2}$ a 13 centimetri e quello del meccanismo piccolo da 11 a 12.

Nei mulini invece che scarseggiano frequentemente di acqua e costrutti perciò con membri deboli e leggieri, il compartimento dei denti delle ruote del meccanismo grande è stabilito dalli 11 alli 12 centimetri, e per il meccanismo piccolo dalli $9 \frac{1}{2}$ alli 11. Ciò per altro si applichi soltanto alle dentature semplici ed a denti stretti. Nelle doppie dentature e a denti larghi il compartimento può impicciolirsi ancora di un centimetro, cosicchè il minimo si ridurrà a centimetri otto e mezzo.

Le ruote esposte a scosse violenti, come sono quelle dei mulini a vento, esigono un compartimento più generoso, che d'ordinario si tiene di centimetri $13 \frac{1}{2}$ alli 16. Nei mulini ad acqua è ben raro che occorra di spaziare siffattamente la dentatura delle ruote.

§ 61.

A compimento di questo Capo non riuscirà superfluo il rischiarare con due applicazioni il nesso e l'uso delle formole superiormente stabilite.

Applicazione 1.^a Determinare l'ampiezza delle ruote di un mulino la cui macina debba fare 120 giri al minuto; abbia di caduta centim. 62 unita all'altezza dovuta alla velocità, ed una ruota idraulica di 5 metri di diametro medio.

Conservando i significati dei §§ 52 e 53 dicasi ancora

d il diametro dello scudo e

d' quello della lanterna, sino al piano di comune contatto.

Il numero dei giri della ruota, per il § 52 sarà

$$1) \quad m = 42,3 \frac{\sqrt{h}}{D}.$$

Dal § 53 si ha il numero dei denti dello scudo espresso da

$$2) \quad a = \frac{b n}{m};$$

il § 55 ci dà il diametro dello stesso nell'equazione

$$3) \quad d = 0,3183. a t,$$

e dalla formola del § 56

$$d' = q t$$

si ha il diametro della lanterna, ed il valore di q si desume dalla tabella inserita nel citato paragrafo.

Si sostituiscano in queste equazioni i valori del problema

$$D = 5; \quad h = 0,60;$$

dalla tabella del § 52 avremo

$$42,3 \sqrt{0,60} = 32,78$$

ed il numero dei giri dell'idraulica

$$1) \quad m = \frac{32,78}{5} = 6,55; \quad \text{per}$$

$$n = 120, \quad \text{e fatto}$$

$$b = 6, \quad \text{il numero dei denti dello scudo risulterà di}$$

$$2) \quad a = \frac{6.120}{6,55} = 109$$

che per le ragioni addotte al § 58 può ridursi a 108 senza pregiudizio dell'organismo della macchina.

Pongasi finalmente, nell'ipotesi di doppia dentatura $t = 0,09$; ed il diametro dello scudo sarà espresso da

$$3) \quad d = 0,3183 \cdot 108 \cdot 0,09 = \text{met. } 3,09$$

prossimamente,

ed essendo $b = 6 = \beta$, dalla tavola del § 56 avremo

$$q = 2 \quad \text{e quindi}$$

$$4) \quad d' = 2 \cdot 0,09 = 0,18.$$

Questo esempio è applicato al mulino delineato nella fig. 26 e successive. Uno scudo di 3 metri di diametro medio è già molto alto, e per dare alla macina una velocità competente, l'idraula non potrebbe facilmente farsi più alta di metri 5,50, fintanto che il mulino dovrà rimanere semplice, e non si avrà troppa caduta unita all'altezza richiesta dalla velocità.

Applicazione 2.ª Si vuol regolare il congegno delle ruote interne di un mulino a doppia ingranatura, ritenendo che la macina dovrà fare 124 giri al minuto; che l'acqua percuote le palmette con velocità dovuta all'altezza di met. 0,75, e che l'idraula ha il diametro medio di met. 6,50.

Conservando le denominazioni usate ai §§ 52 e 54, sia eziandio

d il diametro della ruota dentata, o secondo scudo;

d' quello della ruota a corona, o primo scudo;

d'' il diametro del rocchetto;

d''' il diametro della lanterna.

Avremo di bel nuovo dal § 52

$$1) \quad m = 42,3 \frac{\sqrt{h}}{D};$$

dal § 54

$$2) \quad a = \frac{b b' n}{a' m};$$

dal § 55, ad α e β sostituiti ordinatamente a , e d

$$3) \quad d = 0,3183 a t$$

$$4) \quad d' = 0,3183 a' t$$

$$5) \quad d'' = 0,3183 b t$$

e dal § 56, fatto $t = d'''$,

$$6) \quad d''' = q t.$$

Pongasi nella formola 1)

$$D = 6,50, \text{ ed } h = 0,75,$$

dalla tabella al § 52 si ricava

$$42,3 \sqrt{0,75} = 36,63$$

e quindi il numero dei giri dell'idraula

$$1) \quad m = \frac{36,63}{6,50} = 5,63;$$

pongasì questo valore nella formola 2); e facciasi inoltre $n = 124$; $a' = 68$; $b = 36$ e $b' = 7$ ed il numero dei denti del secondo scudo sarà

$$2) \quad a = \frac{36 \cdot 7 \cdot 124}{68 \cdot 5,63} = 81; \text{ e}$$

supposto l'intervallo dei denti del secondo scudo e del suo rocchetto di cent. 11 $\frac{1}{2}$ e quello del secondo e della sua lanterna di cent. 10, risulta

il diametro del secondo scudo

$$3) \quad d = 0,3183 \cdot 81 \cdot 0,115 = \text{met. } 2,96;$$

il diametro della ruota a corona, o primo scudo

$$4) \quad d' = 0,3183 \cdot 68 \cdot 0,115 = 2,49;$$

il diametro del rocchetto corrispondente

$$5) \quad d'' = 0,3183 \cdot 36 \cdot 0,115 = 1,32;$$

e per $b = 7$ si ha dalla tabella del § 56

$$q = 2,305$$

e quindi il diametro della lanterna

$$6) \quad d''' = 2,305 \cdot 0,10 = 0,2305.$$

CAPO QUINTO

Del modo di derivare l'acqua ai mulini.

§ 62.

I mulini, o si mettono immediatamente entro l'alveo naturale de' fiumi, o se ne deriva l'acqua per condurla ai mulini stessi con apposito canale.

Per questo, e per diverse altre circostanze, occorrono oltre alla *gora* diversi altri edificj idraulici di struttura ed organizzazione molto importante. Lo svantaggio di una disposizione mal studiata, e di una costruzione erronea, assorbe molte volte in tutto, o in gran parte almeno il ricavo utile del mulino, ed è causa di mali e di contese ripetute.

Di queste fabbriche idrauliche noi non parleremo che di sfuggita, accontentandoci di darne la nomenclatura. La composizione e l'impianto loro sono così importanti, che per trattarne vi vorrebbe un libro apposito (1).

§ 63.

Le *chiuse stabili*, dette anche *pescaje*, *steccaje* o *stramazzi* sono edificj coi quali si attraversa il letto di un fiume per sopprattenere le acque, e derivarle in un particolare *diversivo*, o canale, od in una *gora* escavata in isponda al fiume medesimo.

L'altezza di questi edificj viene regolata in modo che l'acqua sovrabbondante tracimi il loro dorso.

Secondo l'opportunità si fanno di fascine, di legnami, di legnami e fascine, di legname e pietre, ed anche di sole pietre.

Le *chiuse amovibili*, o *cateratte* che si destinano al medesimo oggetto sono diverse dagli stramazzi avendo il loro corpo considerevolmente più basso, ed essendo provvedute di paratoje per sostenere l'acqua all'altezza opportuna.

(1) Si potranno su questo articolo utilmente consultare

Cavalieri, *Istituzioni di archit.* vol. I, § 354 e seg. e vol. II, § 773 e 774.

Zendrini, *Leggi e fenomeni, regolazioni ed usi delle acque correnti*, cap. XII.

Bernardino Ferrari, *Dissertazione sopra la costruzione delle chiuse per la derivazione de' canali regolati*. Trovasi inserita nella nuova raccolta d'autori italiani che trattano del moto delle acque, tom. IV; Bologna, 1824.

Gilly ed Eytelwein, *Praktische Anweisung*, ecc. *Istruzione pratica di Architettura idraulica*; Berlino, 1824-30, fasc. IV, sez. VII.

Queste possono fabbricarsi di materiali analoghi a quelli che si impiegano nelle chiuse stabili, ad esclusione delle fascine.

Negli stramazzi l'acqua sovrabbondante dovendo scaricarsi dalla loro sommità, è soggetta nelle piene ad elevarsi molto, mentre colle chiuse mobili può dirsi che l'altezza dell'acqua nel tronco sopra corrente è suscettibile di essere moderata a nostro arbitrio coll'uso regolato delle paratoje. Queste ultime poi, non abbisognano di tutta la larghezza delle prime, per quello che si è detto, e quindi sono anche più economiche, per cui dove non vi sieno parziali circostanze che esigano di fare le chiuse stabili, si preferiscono le mobili. Esse però non toccarono ancora quel grado di perfeibilità da meritargli la preferenza nell'universale, a malgrado delle poc'anzi enumerate loro qualità vantaggiose.

All'occasione pertanto di dover edificare uno stramazzo, per godere in qualche modo del vantaggio delle chiuse mobili, si pratica in qualche parte del suo corpo un'apertura, che prende il nome di *bocca, luce* od *occhio*.

Chiaviche di derivazione appellansi quelle fabbriche con paratoje, che si fanno all'imhoccatura di un canale, per potervi dispensare l'acqua regolarmente. Cogli stramazzi occorrono più spesso che non colle chiuse mobili.

Chiaviche, o bocche di scarico, o semplicemente scaricatori, o paraporti sono quelle fabbriche situate in isponda al canale, le quali servono a sfogare quel sopravanzo d'acqua che non valgono ad ismaltire le ruote ed il risciacquatojo del mulino; ed all'occorrenza di dover eseguire dei lavori e dei restauri all'ultimo cannellone, si possono col loro mezzo divertire tutte le acque, e porre in asciutto il luogo del macchinismo esterno.

La chiavica di derivazione rende talvolta superfluo il bisogno dei paraporti.

Il risciacquatojo delle gore, che nel canale per cui si traduce l'acqua ai mulini, opera come le aperture di scarico nella chiusa, è raro che rimanga inofficioso, qualunque sia la disposizione della fabbrica.

§ 64.

Potrà il mulino impiantarsi immediatamente nell'alveo naturale di un fiume, quando esso non sia soggetto ad escrescenze; e l'acqua si sopraterrà a quel segno che lo permetteranno la giacitura del terreno e le circostanze locali e il soprappiù verrà sfogato dalle aperture di scarico.

Ma se il fiume possa qualche volta correre in piena, allora si dispone una chiusa mobile, o stabile traverso al medesimo e di fianco se gli apre la gora.

Nello stabilimento dei mulini si cerca soprattutto di riunire ad un punto quanta maggior cascata sia fattibile, e siccome non si può far uso che di

quella che non occorre al moto dell'acqua nel fiume, o nel canale, perciò è raro che si abbia vantaggio a collocare il mulino immediatamente nel letto del fiume. Inoltre non può farsi capitale che della caduta di un breve tronco, perchè altrimenti, se il fiume è per natura soggetto ad escrescenze, ne sarebbero troppo facilmente danneggiati i superiori terreni limitrofi. Il ricorrere poi al profondamento dell'alveo al disotto del mulino, sarà sempre una povera speculazione, perchè la sabbia e la mota trainate dall'acqua lo interdirebbono sul fatto, anzi bene spesso si eleva a maggiore altezza di quella che aveva prima che la naturale velocità del fiume fosse impedita colla nuova fabbrica.

A questi inconvenienti non sono soggetti i canali di piccola portata i quali possono condursi sulla sommità di un argine, e in caso di falle, o rotture accidentali sono risarciti con tutta facilità con poche carrette di stramaglia, di piote, con sacchi di terra e simili. Anch'essi però non vogliono essere trascurati.

§ 65.

Per poter sistemare una chiusa in modo conveniente, è indispensabile di conoscere l'altezza a cui si eleverà l'acqua sopra di essa, secondo che si terrà la medesima più o meno larga, in relazione alla larghezza primitiva del letto del fiume, o del canale in cui va fabbricata: ed essendo nota la portata di esso canale o fiume, è bene il sapere determinare la larghezza da darsi alla chiusa. Colla scorta dell'Eytelwein cercheremo di presentare la soluzione di questi interessanti problemi.

Gli stramazzi nei fiumi, considerati relativamente all'efflusso dell'acqua, possono distinguersi in

a) *Stramazzi perfetti*, quando il pelo d'acqua di sotto è più basso della cresta dello stramazzo; ed in

b) *Stramazzi imperfetti*, se il pelo dell'acqua disotto è più alto della cresta.

Agli stramazzi ne' fiumi e canali l'acqua d'ordinario si affaccia con notevole velocità, cosicchè il pelo d'acqua non può aversi per orizzontale.

Da quel punto del pelo d'acqua superiormente alla chiusa, che può considerarsi tuttavia pressochè orizzontale, e che conserva l'uguale inclinazione del tronco antecedente, si conduca una retta orizzontale, e si prolunghi fino ad arrivare alla chiusa. Dal punto che corrisponde alla cresta della chiusa, si cali una perpendicolare, e la porzione di essa compresa tra la cresta medesima, e la retta orizzontale, sarà l'altezza dell'acqua corrispondente allo stramazzo.

Denominiamo $\left\{ \begin{array}{l} h \text{ l' altezza dell' acqua;} \\ k \text{ l' altezza dello stramazzo, cioè la differenza di livello} \\ \text{tra la sua cresta, ed il fondo naturale del fiume;} \\ b \text{ la sua larghezza;} \\ B \text{ la larghezza media dell' alveo del fiume, ed} \\ M \text{ la sua portata.} \end{array} \right.$

La sezione del fiume al sito dello stramazzo può paragonarsi a quella di una luce rettangola, per cui la velocità media sarà rappresentata dalla quantità d'acqua che sgorga dalla data sezione, divisa per l'area della sezione medesima (1). E quindi la velocità media dell'acqua davanti allo stramazzo sarà

$$\frac{M}{(h + k) B},$$

la quale fatta considerazione all'apertura dello scarico, è devoluta all'altezza

$$\left(\frac{M}{a B (h + k)} \right)^2 \quad (2).$$

In quelle cascate, dove il pelo d'acqua superiore può ritenersi come stagnante, l'altezza d'acqua competente sarebbe

$$= \left(\frac{3 M}{2 a b} \right)^{\frac{2}{3}},$$

espressione che si desume dalla nota formola della quantità assoluta d'acqua tramandata da una luce rettangola senza battente. Ma poichè l'acqua superiormente allo stramazzo è già dotata della velocità dovuta all'altezza $\left(\frac{M}{a (h + k) B} \right)^2$, nei casi successivi, una parte della necessaria altezza d'acqua diventa inutile, e si ritiene l'altezza dell'acqua negli stramazzi imperfetti

(1) Bartolomeo Ferrari, Supplimento all'opera cit. del P. De-Regi, § 49.

(2) a in questo caso, come nella formola riferita al § 31, rappresenta l'effetto della gravità, il quale in idraulica, come sappiamo, assume diversi valori a norma delle condizioni della luce che versa acqua: equivale cioè all'espressione meccanica $\frac{m}{n} \approx \sqrt{g}$, notando per g lo spazio da cui la gravità fa discendere un corpo in un minuto secondo di tempo, e con $\frac{m}{n}$ il rapporto tra l'area della luce versante, e quella della sezione della vena contratta. I valori di a finora determinati dalla esperienza nei diversi casi, si trovano registrati nella tavola pratica in fine dell'opera: noi qui li riteniamo come noti.

$$h = \left(\frac{3 M}{2 \alpha b} \right)^{\frac{2}{3}} - \left(\frac{M}{\alpha (h + k) B} \right)^2$$

e se per gli stramazzi a sponde rette si suppone $\alpha = 2,801$, avremo

$$h = \left(\frac{0,54 M}{b} \right)^{\frac{2}{3}} - \left(\frac{0,38 M}{(h + k) B} \right)^2.$$

Per gli stramazzi a sponde divergenti, per cui sia $B = b$, si suppone $\alpha = 3,787$; quindi

$$h = \left(\frac{0,40 M}{b} \right)^{\frac{2}{3}} - \left(\frac{0,264 M}{(h + k) B} \right)^2.$$

La h , che è la quantità da determinare, si trova anche nel secondo membro; ma siccome il valore di questo membro è piccolo, così il vero valore di h può con un metodo di approssimazione venire determinato con tanta esattezza che basti, senza rendere perciò l'equazione più implicata.

Applicazione. In un fiume largo metri 31 e profondo met. 1,25, della portata di met. cubici 42 al secondo, si deve costruire uno stramazzo perfetto, alto met. 1,50 e largo 25.

Si domanda sino a quale misura si alzerà l'acqua sopra lo stramazzo, ritenendo che abbia ad essere a sponde rette.

Abbiamo $b = 25,00$; $B = 31$; $k = 1,50$, ed $M = 42$ metri cubici; e quindi l'altezza

$$h = \left(\frac{0,54 \cdot 42}{25} \right)^{\frac{2}{3}} - \left(\frac{0,38 \cdot 42}{31 (1,50 + h)} \right)^2.$$

Ora è

$$\left(\frac{0,54 \cdot 42}{25} \right)^{\frac{2}{3}} = 0,94$$

suppongasi quindi prossimamente $h = 0,9$, e l'ultima quantità del secondo membro dell'equazione diventerà

$$\left(\frac{0,38 \cdot 42}{31 (1,50 + 0,9)} \right)^2 = 0,05;$$

e per conseguenza la richiesta altezza d'acqua al disopra dello stramazzo

$$h = 0,94 - 0,05 = \text{met. } 0,89, \text{ dove può ritenersi senza pregiudizio}$$

$$h = 0,9;$$

dimodochè l'originaria superficie del fiume verrà ad elevarsi superiormente allo stramazzo di

$$\text{met. } 1,50 - 1,25 + 0,9 = \text{met. } 1,15.$$

§ 66.

La larghezza dello stramazzo si ottiene a questo modo, avendosi

$$h = \left(\frac{0,54 \cdot M}{b} \right)^{\frac{2}{3}} - \left(\frac{0,38 \cdot M}{B (h + k)} \right)^{\frac{2}{3}}, \text{ ossia}$$

$$h + \left(\frac{0,38 \cdot M}{B (h + k)} \right)^{\frac{2}{3}} = \left(\frac{0,54 \cdot M}{b} \right)^{\frac{2}{3}}, \text{ ossia}$$

$$\left[h + \left(\frac{0,38 \cdot M}{B (h + k)} \right)^{\frac{2}{3}} \right]^{\frac{3}{2}} = \frac{0,54 \cdot M}{b}, \text{ sarà finalmente}$$

$$b = \frac{0,54 \cdot M}{\left[h + \left(\frac{0,38 \cdot M}{B (h + k)} \right)^{\frac{2}{3}} \right]^{\frac{3}{2}}}.$$

Applicazione. In un fiume della larghezza media di 31 metri, e della portata di 50 metri cubi al secondo, si deve collocare uno stramazzo perfetto, alto met. 1,50 a sponde rette.

Quanto dovrà essere larga l'apertura dello stramazzo, perchè l'acqua abbia met. 1,25 di altezza sopra la sua cresta?

Si ha $M = 50$, $h = 1,25$, $k = 1,50$, e $B = 31$, e quindi la larghezza dello stramazzo

$$b = \frac{0,54 \cdot 50}{\left[1,25 + \left(\frac{0,38 \cdot 50}{31 (1,25 + 1,50)} \right)^{\frac{2}{3}} \right]^{\frac{3}{2}}} = \text{met. } 18,22.$$

§ 67.

Pochi, per quello che abbiamo veduto, sono i mulini che si impiantano immediatamente nel letto de' fiumi; invece si deriva loro l'acqua con un canale apposito che i pratici chiamano la *gora*.

Fra i tanti vantaggi che si ottengono con questo metodo, è dei principali quello di poter usare della pendenza naturale del fiume per una lunghezza più rilevante, e mantenendo la gora pressochè piana, poca sen consuma, e maggiore ne sopravanza per dar moto al mulino. Attenuando la pendenza naturale del fiume, e quindi la velocità dell'acqua, aumentano, come accennammo nel paragrafo antecedente, i depositi di sabbia e fanghiglia; questi diminuiscono la pendenza e danneggiano al mulino: mentre

all'opposito colla gora l'acqua avendo sempre uguale profondità e corso equabile, i depositi, o non sono così abbondanti, o possono sgombrarsi più facilmente. Inoltre il mulino che abbia apposita gora, è meno esposto ad inconvenienti quando il fiume è in piena; non occorre che il fiume stesso venga soverchiamente sopratteuto dimodochè il pericolo delle campagne soggiacenti è minore; e l'acqua in occasione di lavori o risarcimenti al mulino è più facile ad essere distornata.

Si vede facilmente essere utile, quando le circostanze lo consentono, di prolungare la gora sia di sopra che di sotto all'edificio quanto occorre per approfittare convenientemente della pendenza; perchè a questo modo non si avrà bisogno di dover sopratteuto di nuovo l'acqua del fiume, e la chiusa stabilita in esso non avrà altro ufficio che di impedire la corrosione del fondo, ed avviare l'acqua all'incile della gora.

Questa regola, tanto importante, ordinariamente in pratica si cura troppo poco. Per lo più si tenta di acquistare quanta caduta si può, coll'artificio di contenere l'acqua colla chiusa facendola alta a quel maggior segno che lo concedono le condizioni di località, ed intanto si dispongono a rovescio gli accessorj relativi al buon uso della caduta, e dell'acqua disponibili.

§ 68.

L'inclinazione che si dà all'alveo del canale, o del fiume in cui giace il mulino, perchè l'acqua vi abbia congruo corso, è regolata comunemente nella proporzione di $\frac{1}{1200}$; ed in Germania questa misura, che equivale ad un pollice per ogni cento piedi, trovasi indicata nella maggior parte delle ordinanze relative ai mulini. In moltissimi casi però, massimamente se l'acqua è abbondante, si può ridurla benissimo alla metà, vale a dire all' $\frac{1}{2400}$.

Sembra però cosa impropria che si abbia a mantenere costante il rapporto della pendenza quando variano e la portata dell'acqua ed il profilo del canale, e le tante altre circostanze inerenti; per cui sarebbe giustamente a desiderarsi che venisse additato il metodo migliore colla conferma di numerosi esperimenti da concordarsi con una teoria facile ad essere applicata in pratica. L'argomento in realtà non è insignificante per sua natura, perchè il risparmio di due o tre palmi di pendenza, applicabili conforme alle circostanze alla caduta utile del mulino, o tolti all'altezza della chiusa gioverebbe forse più che il determinare studiatamente la configura-

zione dei denti e dei fusi. Quando fosse preventivamente stabilita la velocità più vantaggiosa che deve avere l'acqua nelle gore secondo le diverse sue condizioni, acciocchè il letto si mantenga sgombro di sabbia e di mota, nè vi abbia presa il ghiaccio, abbenchè geli il canale in superficie, allora si potrà forse determinare la pendenza necessaria col mezzo di acconci calcoli idrometrici (1).

La discordanza che si incontra a questo proposito tra gli scrittori di idraulica pratica, noi crediamo che debba attribuirsi non alle sole considerazioni sovraccennate, sebbene sieno le principali, ma dall'aver ciascuno di essi dato per principio costante e generale una regola che forse provarono conveniente in qualche special caso. Niuna sorpresa quindi se mentre Vitruvio assegnava ai condotti d'acqua la pendenza di $\frac{1}{200}$, certa-

mente soverchia, e Cardano era di parere che bastasse un passo geometrico sopra un miglio, Leon Battista Alberti e Vincenzo Scamozzi invece si accontentavano di un sol piede: i nostri ingegneri dei secoli 16.^o e 17.^o avevano per costume di dare all'acquedotto la pendenza di quattro once

per ogni cento trabucchi di lunghezza, ciò che equivaleva all' $\frac{1}{1800}$ parte

della lunghezza medesima (2). Secondo Belidor quando il fondo non sia scabro, basta dare soltanto un pollice di pendio per 50 tese (ossia 1 centimetro per 36 metri = $\frac{1}{3600}$). Il Fabre ritiene che basti la metà (3),

e nell'acquidotto di Versailles che deriva l'acqua dallo stagno di Trappes, architettato da Picard, la vediamo ridotta la pendenza fino ad $\frac{1}{8000}$ (4).

Avendo però dimostrato l'osservazione e l'esperienza che un'acqua poteva condursi a qualunque remoto termine per un canale comechè affatto orizzontale, purchè il luogo da cui deriva sovrasti a quello dove termina, ne risulta essere affatto arbitrarie le sovraccennate opinioni sulla pendenza dei canali, sia per opificj che per irrigazione; e i periti si appigliano sem-

(1) Vedansi su questo importante argomento

Venturoli, op. c. vol. II, lib. II, sez. V.

G. B. Masetti, Note ed aggiunte agli Elementi del Venturoli; Bologna, 1827.

Gerstern, *Manuale di meccanica ed idraulica*, vol. II, cap. V; Praga, 1832.

Eytelwein, *Manuale di mecc. ed idraul.* part. II, cap. VII.

(2) Barattieri, *Archit.* part. I, lib. VI, cap. V.

(3) Fabre, *Essai sur la construct. des mach. hydr.* § 209.

(4) *Diz. tecnologico*, art. *Acquidotto*.

pre a quella che è più conforme al loro disegno, ovvero al bisogno di maggiore o minore velocità del corso dell'acqua, e della maggiore o minore altezza delle sue sponde.

Conosciuta che sia la differenza di livello dei termini lungo i quali deve condursi l'acquidotto, ossia la pendenza totale, l'arte dell'ingegnere si riduce tutta a ben distribuire una tale pendenza. La maggior parte dei periti costumava di dividerla equabilmente su tutta la lunghezza del cavo. Galileo però, appoggiato al principio del moto de' corpi sovra piani inclinati da lui applicato ai fluidi, disapprova tale massima, e propone invece di dare al fondo dei canali una pendenza sempre minore e decrescente, andando in giù nel senso della corrente. Il Fabre (1) poi, affinchè l'acqua derivata s'introduca più agevolmente nel canale, e acquisti, o conservi una determinata velocità che gli impedisca di rifluire nel fiume dispensatore, insegna che la pendenza dei primi cinquanta metri incirca debba regolarsi sulla proporzione di $\frac{1}{144}$, e lo stesso, sebbene con altre misure, insegna il Nicholson nel suo *Meccanico inglese* (2).

Quando si abbia determinata la pendenza competente della gora, dalla caduta totale, ossia dalla caduta compresa tra la derivazione e il ricapito dell'acqua, si deduce facilmente la caduta utile della gora stessa (§ 27). Così, a modo di esempio, scegliendo la proporzione di un centimetro per 36 metri, ed il canale essendo lungo 3000 metri, la caduta di esso sarà espressa da $\frac{3000 \cdot 0,01}{36} = 0,83$ metri.

Se la gora, o il fiume dove è posto il mulino sono soggetti a frequenti escrescenze, per impedire che il regurgito si estenda troppo facilmente alle doccie, si dà al tronco inferiore maggiore pendenza che a quello di sopra. È sempre bene difendersi il meglio che sia fattibile dal regurgito e a questo fine si prolunga il tronco inferiore della gora quanto più si possa: non è però sempre agevole il farlo senza gravi incomodi e spese.

§ 69.

La forma da darsi al profilo dell'alveo della gora, il quale conservi una superficie costante, non è cosa indifferente, giacchè l'acqua scorrerà sempre più lenta, quanto più sarà grande il contorno del profilo in confronto alla superficie a lui corrispondente; questa infatti è una delle principali ca-

(1) Op. cit. l. c.

(2) Nicholson, *Le mécan. angl.* vol. I, pag. 211.

gioni per cui la velocità nel corso delle acque diminuisce quando queste si abbassano, e i piccioli canali che hanno la medesima pendenza del fiume da cui derivano, spesso camminano ancor più lenti.

Fra le infinite figure di superficie equivalenti, la circolare è quella che ha il contorno della minima lunghezza, e siccome la superficie dell'acqua, nei profili non entra a far parte della lunghezza del contorno, così fra tutti i profili equivalenti in area, il semicircolo sarà quello del minimo contorno.

Della stessa proprietà gode il mezzo quadrato rispetto alle figure quadrilateri, cosicchè una doccia rettangolare che debba servire a condurre una data quantità d'acqua, non solo esige la quantità minima di legume per essere costrutta, ma traduce altresì l'acqua colla massima velocità, quando abbia il suo fondo doppio dell'altezza delle sponde.

L'Eytelwein (1) insegna che tra i profili di figura trapezia, a cui ordinariamente si riducono quelli dei comuni canali di condotta, il mezzo esagono è quello che ha il minimo contorno; ma siccome le sue sponde riuscirebbero troppo erte colla sola inclinazione che compete rispettivamente ai lati dell'esagono, così questa figura in pratica non può tanto facilmente venire adottata. Volendo però dare al canale la forma di un trapezio, ed ottenere che le sue sponde abbiano la conveniente scarpa, senza trascurare l'altra importante condizione di procurare che riesca del minimo contorno, potremo valerci della seguente ingegnosa costruzione che ci viene proposta dallo stesso Eytelwein. — Si prenda il profilo di forma rettangola, che competerebbe alla data quantità d'acqua da tradursi: si divida la sua larghezza in sei parti eguali: tre di queste costituiranno l'altezza verticale delle sponde; se si daranno due di queste parti alla larghezza sul fondo, e dieci alla larghezza in bocca, ossia al lato superiore e parallelo del trapezio, indi si congiungeranno con rette gli stessi due lati paralleli, si otterrà un profilo di forma trapezia, colle scarpe inclinate a quattro terzi dell'altezza.

Questo trapezio, ed il rettangolo da cui fu desunto sono eguali di area e di contorno, quindi possono ritenersi equivalenti fra loro.

Tutte le volte adunque che le circostanze impediranno di fare il canale a sponde verticali, ed a sezione di mezzo quadrato, potrà essergli sostituito con buon esito il trapezio costruito nel modo che abbiamo indicato.

(1) *Manuale di meccan.* § 131.

Ordinariamente il sito in cui deve piantarsi un mulino è determinato da altre cause oltre le preaccennate; e il vantaggio di avere il mulino presso la città, in una borgata, o in bordo a una strada può compensare sufficientemente la perdita di pochi centimetri di caduta.

In pari tempo la gora del mulino può servire a somministrare acqua viva alla città, od alla borgata presso cui scorre, quando non avessero fiume, od altre fonti a più comoda portata. Per poco che ciò rechi di vantaggio al mulino, perchè di solito queste gore riescono assai sozze, e l'inverno segnatamente costano gran fatica ad essere governate a dovere, pure l'utile che per l'universale ne ridonda è troppo grande perchè l'accennato vantaggio e la perdita di pochi centimetri di caduta, non abbiano ad essere trascurati.

La scelta del sito della gora più adatta per piantarvi il mulino è un problema, la cui soluzione dipende all'intutto da considerazioni sulla località. Per accumulare al luogo delle doccie la caduta utile, o deve sprofondarsi il letto del tronco inferiore, o sopratenersi l'acqua in quello di sopra. Quest'ultimo metodo è subordinato all'altezza delle sponde, ammenocchè l'acqua non voglia contenersi con argini, la qual cosa però non deve mai farsi senza un bisogno. La posizione migliore è spesso quella della pendice di qualche altura disposta in modo che l'acqua sull'ultimo sia ancora convenientemente compresa dalle sponde, senza arginature, e senza che il tronco disotto alle doccie abbia a riescire troppo profondamente incassato. L'opportunità però di una tale giacitura del terreno non è molto frequente; potrà quindi tenersi per regola ne' casi più comuni, che è meglio situare i mulini più vicino all'incile che alla foce della gora. Con questo metodo si ha pure il vantaggio, che il regurgito nelle piene del fiume non si protrae tanto facilmente fino alle doccie. — Del resto, è più agevole l'escavare il tronco inferiore della gora a qualche profondità, ed il conservarne le alte ripe, che non il piantar argini lungo il tronco superiore e indi difenderli dalle falle, o restaurarli.

I piccioli canali di cui si è fatto cenno al § 32 sono eccettuati anche da tali considerazioni. Questi, insieme agli stagni, o laghetti di conserva occorrono solamente nei mulini con ruote a cassette molto elevate, ed è facile il concepire in qual modo potranno disporsi perchè compiano adeguatamente al loro ufficio.

§ 71.

Nei canali navigabili pongonsi spesso dei mulini di fianco ai sostegni prevalendosi della cascata del sostegno stesso e dell'acqua eccedente.

In questo caso non vi è gora particolare, toltone quel tratto che rigira dalla chiusa al mulino, e da questo al tronco inferiore del canale dietro la chiusa, ammenocchè, come si pratica alcuna volta, non si voglia applicare al mulino la caduta frapposta a due sostegni separati.

Comunemente le doccie sono collegate ad uno o più risciacquatoj coi quali si fogan le acque che non possono essere consumate dal mulino e dal sostegno: a quest'effetto talora si costruiscono eziandio delle apposite aperture di scarico.

Sul buon regolamento delle chiuse propongonsi a leggere principalmente:

Eytelwein, *Manuale*, ecc. cap. VIII.

Gerstern, op. cit. vol. II, cap. V, § 242 e seg.

Venturoli, op. cit. lib. II, sez. III, cap. XV e sez. V.

Masetti, op. cit. vol. II, § 99 e seg.

Mari, *Idraulica pratica — Principj per derivare le acque da' fiumi o da' laghi*, vol. III, lez. XXIII; Guastalla, 1802.

Quanto alla materiale loro costruzione, oltre alle opere di Cavalieri, Zendrini, Ferrari ed Eytelwein citate in nota al § 62, vedasi anche

Masetti, *Descrizione della Chiusa di Casalecchio*, compresa nelle notizie storiche intorno all'origine e formazione del canale naviglio di Bologna.

Le citate scritture del Ferrari e del Masetti si trovano nella *Nuova raccolta di autori italiani che trattano del moto delle acque*, vol. IV; Bologna, 1824.

CAPO SESTO

Della costruzione delle doccie.

§ 72.

Nei mulini con ruote a palmette, come abbiamo di già avvertito, le doccie possono farsi *piane*, ed *arcuate*, o *cilindriche*. Le parti essenziali di queste ultime le abbiamo annoverate al § 15: le prime non hanno altra diversità che di avere il fondo che si distende in linea retta, la quale può essere orizzontale, od inclinata.

Si è pur detto replicatamente, massime al Capo III che e l'una e l'altra forma di doccie può egualmente essere usata tanto per le ruote a palmette sia semplici che montate a quarti, quanto per le ruote pensili, o da fiume: si osserva per altro che l'applicazione delle ruote a palmette può farsi senza restrizioni nelle doccie piane, ma che nelle arcuate, riescono opportune fintanto che sieno depresse in modo che l'acqua non possa facilmente investire le palmette in piano, o parallelamente alla loro direzione. Colle ruote pensili poi si usano di raro, e solamente in casi speciali.

Le doccie adunque per le ruote a palmette, comunque organizzate, non presentano alcuna osservabile diversità; ma quelle per le ruote pensili esigono una struttura particolare in causa della loro maggiore larghezza: queste però comunemente sono più semplici delle altre. Ciò sia detto puramente di passaggio, non essendo intendimento nostro di discorrerne ulteriormente.

Sulla disposizione più vantaggiosa del fondo delle doccie crediamo di avere già parlato a sufficienza nel Capo III; in questo poi soggiungeremo quanto potesse occorrere a complemento.

§ 73.

Per dimostrare come si componga la doccia piana ne faremo un'applicazione alla fig. 41 e seguenti, fino alla 57, tav. VII e VIII.

Figuriamoci due idraule, ed abbia ciascuna la sua propria doccia larga met. 1,80, e unito siavi il risciacquatojo largo met. 2,50. La caduta si suppone alta un metro e si ritiene che 0,60 sia il corpo d'acqua; che il fondo della doccia dal battitojo della traversa fino all'incontro di ciascuna

ruota abbia la pendenza di 30 centimetri, cosicchè la palmetta verticale pescherà 15 centimetri ad acque mezzane. L'estremità del fondo della doccia avrà sopra di sè un corpo d'acqua di sei palmi.

Le fig. 41, 42 e 43 rappresentano ordinatamente il profilo, la pianta e l'alzato della doccia, e nelle fig. 44, 45... fino alla 58 sono delineati i suoi membri principali, ed è indicato il modo con cui sono reciprocamente collegati. Per facilitare l'intelligenza dei disegni, in ciascuna figura, abbiamo contrassegnato le parti corrispondenti sempre colle stesse lettere.

§ 74.

Il *vaso morto*, detto anche *tromba* o *levata*, come fu già detto al § 15, serve a rifermare l'acqua, e impedirgli che si faccia strada sotto, o di fianco alla traversa. — Le sue parti principali sono la *platea* e le *sponde laterali*: la platea è formata dal *palancato di fronte a*, dalla *palificata b*, dalle *travi maestre*, o *banchine c* e dal *tavolato d* disteso e assicurato alle medesime. Le sponde invece sono costituite dai *pali laterali*, o *d'impalcatura e*, dai *freggi*, o *cappelli f*, colla loro *copertura*, o *rivestimento g* all'interno e simile *contro rivestimento* o *fodera* all'esterno.

Ordinariamente la lunghezza del vaso morto non può determinarsi con regola costante. Se l'acqua è molta e se l'alveo della gora è a base sabbiosa, torbosa, o pantanosa, allora il vaso morto conviene farlo più lungo che non si farebbe a condizioni diverse. Di solito però non è mai minore di metri 3,50, nè al di là dei met. 5,50, cosicchè, se il più delle volte non dipendesse da circostanze accidentali, la sua lunghezza potrebbe venire fissata dal sestuplo all'ottuplo dell'altezza dell'acqua sulla soglia della chiavica. In alcuni casi si prolunga anche a 7 e più metri, come accade spesso allorchè si voglia gettarvi un ponte di comunicazione, o che l'acqua dopo la chiavica debba condursi rasente alcuna fabbrica. Nella tavola VII non si vede rappresentato che un ponte di servizio per il comodo maneggio delle paratoje, il quale consiste in due *travoni i* con un'impalcatura di tavole. I travoni poi sono rafforzati di sotto con un *banchetto*, o *cavalletto k* di una costruzione facile a rilevarsi dal profilo delineato nella fig. 41.

Anche l'acclivio della platea non è soggetto a legge determinata. In generale cresce proporzionalmente alla lunghezza del vaso morto, alla portata del canale, e secondo che il terreno è più cattivo. Nei casi più comuni però un tale acclivio basta che si faccia il $\frac{1}{6}$ o al più il $\frac{1}{4}$ della lunghezza orizzontale della platea.

L'altezza delle sponde laterali deve essere tale da superarle di 30 ed anche 60 centimetri il pelo della massima escrescenza dell'acqua, per allontanare il pericolo di vederle sormontate dalle piene. — La disposizione del terreno può esigere talvolta che si facciano ancora più alte queste sponde, perchè non converrebbe troncarle ad un piano inferiore al livello di campagna delle due ripe del canale.

Il palancato superiore *a* deve prolungarsi entro terra 4 e più metri da ambe le parti, secondo la qualità del suolo, in modo da formar *ala*, come si vede alla fig. 43 contrassegnato colla lettera *A*. Queste ali servono singolarmente a impedire che l'acqua penetri dietro alle spalle del vaso morto: esse non vanno succise all'altezza della palancata, ma devono protrarsi a segno che la loro cresta non riesca inferiore che di 30, o al più 60 centimetri a quella delle sponde laterali.

Se le sponde laterali non sono collegate con traverse, ma hanno solamente un carcame di pali, per meglio assicurarle alle ali, è necessario conficcare un *ritto l* (fig. 44) tra la briglia, od architrave principale, ed il fregio o cappello *f*.

La fig. 44 dimostra in pianta l'indicato sistema di collegamento delle ali colle sponde, e specialmente la combinazione di queste ultime, l'assicuramento del primo ordine di cappelli, od architravi col palancato di fronte, e del secondo ordine coi pali. La fig. 45 è un brano del primo architrave e della colonna, o ritto *l*, e la fig. 46 un brano del palancato che gli succede subito sotto, delineato disgiuntamente.

La fig. 47 rappresenta l'unione degli architravi coi pali, e la fig. 48 quella del primo architrave, o briglia al palancato col mezzo di biette. Le impostature, o incavi degli architravi si fanno accampanate, cioè si tengono più larghe di sopra che da basso, e imbiettando il maschio de' pali come si vede nella citata figura, riescono i medesimi congegnati così saldamente, come se i maschi fossero tagliati a coda di rondine. Comunemente i pratici rigettano questo metodo perchè ritengono che l'acqua scorrendo sulla testa del palo ad ultimo giuoco lo marcisca insieme all'architrave. Questo è però uno scrupolo mal fondato, perchè i legni colle biette vengono serrati saldamente insieme, sicchè l'acqua non è tanto facile che possa trapelarvi, e poi le tavole con cui è foderato il fondo, difendono potentemente anche le teste dei pali. Che se anche gemesse un poco d'acqua dalle tavole, e il maschio dei pali non trapassasse l'architrave, siccome è raro che il maschio riempia esattamente l'incavo in modo che l'acqua non vi s'infiltri di sotto in su, in tal caso la putrefazione farà maggiori guasti e più solleciti di quello che farebbe se il maschio penetrasse tutta la

groscezza del trave e fosse incuneato fermamente nel modo qui sopra ideato. Si vede eziandio facilmente che i pali inchiodati soltanto all'architrave devono marcire più presto, e d'altronde importano la maggior spesa dei chiodi. Quest'ultimo metodo ha però il vantaggio che l'architrave non viene ad essere indebolito e quindi è raccomandabile in certi casi. Nelle doccie, se gli architravi non sono troppo magri, e forati a dovere, non è a temersi alcun sinistro da questo indebolimento.

La fig. 44 è una sezione della sponda laterale, e di una porzione del fondo: la relazione delle parti si concepisce dalla sola ispezione della figura.

Quello che si riferisce all'allestimento ed all'impianto, de' pali delle palanche di fondazione ed altro a ciò relativo, può impararsi studiando gli eccellenti precetti intorno a questa materia raccolti principalmente dal

Cavalieri, *Istituzioni di Archit. statica ed idraulica*, vol. I, lib. II, c. VI, § 234 e seg. e XIV, § 384 e seg.; vol. II, lib. IV, c. VII.

Eytelwein, *Architettura idraulica*, sez. I dei Pali, § 1 e seg.

Sganzi, *Corso di costruzione*, lez. XIX.

Perronet, *Oeuvres: Mém. sur les pieux*, ecc. pag. 575 e seg.; Parigi, Didot, 1787.

Gauthey, *Traité de la construction des ponts*, tom. II, lib. IV, c. III, sez. 1.

§ 75.

Nella maggior parte delle levate, o vasi morti, le pareti delle sponde si fanno alcun poco divergenti, o come dicono i pratici, *strombate*, la quale disposizione giova massime se il terreno è arenoso, spugnoso, o paludoso, crescendo robustezza a tutto il sistema. Le pareti regolate a questo modo prendono il nome comunemente di *ispallature d'ala*, *ali d'accompagnamento*, o semplicemente *ali*; però, non sono da confondersi con quelle che abbiamo descritte nell'antecedente paragrafo, le quali direbbonsi meglio *testate*, o *intestature*.

Non abbiamo regole generali neppure per determinare la divergenza, o strombatura di queste ali secondo i casi; ma si abbonda quando l'acqua della gora superiore arriva al vaso morto con corso lentissimo, e quasi insensibile, a preferenza di quando sia dotata di una discreta velocità, oppure che il terreno delle sponde sia di cattiva qualità.

La strombatura si regola secondo la direzione della gora superiore rispetto al piano della traversa. Se questa cade perpendicolare, le ali si fanno egualmente divergenti, o in altri termini, si aprono ad angoli uguali col piano della traversa; se invece l'asse della gora incontrerà obliquamente il piano della traversa dalla parte dove l'angolo è acuto, l'ala si farà più

divergente che non dalla banda opposta: quest' ultim' ala poi, sia l'angolo comunque ottuso, non si inclinerà mai più di quanto si farebbe se fosse retto.

Usualmente si vorrebbe che l'acqua col tempo pervenisse a depositare un letto stabile di sabbia, o di mota, in tutta l'area che compone la platea del vaso morto, e che si elevasse a livello, o poco meno della soglia della traversa. È raro però che succeda, e tutt'al più si arriva a vedere coperto il lembo anteriore, che è anche il più sommerso; la cosa è spiegata di per sé, quando si consideri che segnatamente a paratoje alzate l'acqua nella gora di sopra presso alla soglia acquista maggior corso. Ora, siccome anche il pelo dell'acqua vicino alla soglia non si mantiene proporzionalmente più depresso di quello che sia all'imbocco del vaso morto, perciò l'acqua in quest'ultimo luogo non può procurarsi la necessaria maggior sezione se non escavando quanto può il fondo, cioè sino ai tavoloni che formano il piano della platea. Volendo persuadersi di questo fatto, si faccia attenzione a quello che succede quando si alzino le porte del risciacquatojo dopo che sieno state chiuse per qualche tempo: allora l'acqua solleva tutto ad un tratto una vistosa quantità di terra, che aveva deposta prima essendo alta, e la trascina con sé.

Si osserva eziandio che, sia parlando del vaso morto, che delle doccie e del risciacquatojo, si avvantaggia collegando le pareti alle travi, e incastrando queste ultime ai cappelli che formano l'intelajatura della platea. Quest'ultimo partito però non attaglia quando il vaso morto sia largo oltremisura, per cui le spalle non possano essere consolidate con sbarri, oppure sia cavalcato da un ponticello o passatoja le cui scosse sarebbero di molto danno alle travature, ed a tutto il sistema delle doccie.

Nelle doccie da noi prese a modello, è rappresentato il primo dei casi considerati; quivi gli sbarri trasversali si piegherebbero, o dovrebbero venire sorretti a mezzo: con quest'ultimo espediente, per altro, non solo verrebbe distrutto in parte il vantaggio delle sponde verticali, ma la puntellatura cagionerebbe molti altri inconvenienti per via del restringimento del vaso morto, della breve durata del legname ne' luoghi soggetti all'alternativa del secco e dell'umido ed altro simile. Il vantaggio delle sponde verticali consiste principalmente nel risparmio del legname che altrimenti sarebbe necessario pel molto maggior numero di pali che vi vorrebbe, e nella sensibile minor spesa di conservazione e di ristauo. La differenza è vistosa massime nella fabbrica delle doccie e del risciacquatojo, dove abbisognano molte pareti, dove le palate che si fanno a riparo del ghiaccio, ed i traversi servono ad un tempo di sbarri, e dove riescirebbe tanto inopportuno

l'uso del battipalo nei risarcimenti. Nel vaso morto invece non vi sono che due spalle, e se queste sono tanto larghe che gli sbarri non possano esservi per sè soli utilmente applicati, è patente, che il legname necessario per questi ultimi, e per sorreggerli, scema una grandissima parte dei vantaggi summenzionati.

Agli sbarri ed alle saette possono essere sostituiti i terraficoli per tener dritte le intavolature delle spalle. Ma anche con questo artificio occorrono tanti pali e tanto legname, quanto se ne impiegherebbe a costruire le inspallature colle apposite palate.

§ 76.

La *traversa*, o *chiavica*, la quale come si è detto al § 15 serve principalmente di rinforzo e difesa alle doccie che vi sono collegate, e per regolare convenientemente le acque, è formata dalla *soglia m*, dagli *stivi n* e dal *cappello o*. La stessa soglia è impostata sovra un palancato *p* il quale s'addentra nelle sponde quattro e più metri per parte secondo la natura del terreno formando le ali segnate colla lettera *P* nella fig. 43. Nell'impostatura degli stivi scorrono le porte, o paratoje *g*, le quali si sollevano col mezzo delle catene che si avvolgono a curri, e verricelli *r*. Per maggiore fermezza vi sono le traverse *s*, alle quali sono assicurati i ritti, o registri *t*. Invece delle catene coi verricelli per alzare le porte, si usano anche le pertiche uncinatè, colle quali si afferrano gli occhi appositamente incastrati nelle porte stesse; oppure si usa il martinetto, facendolo ingranare in un'asta dentata infissa saldamente nella porta. Vi sono altri artifizj applicabili segnatamente alle porte di piccola apertura, come sarebbero per es. le seghe dentate coll'agucchia, ecc., ma questi sono tanto comuni che basterà l'averli accennati.

La fig. 50 mostra in pianta la positura della soglia, ed il collegamento degli stivi col palancato, e colle pareti di spalla e di tramezzo; la fig. 51 fa vedere inalzata e spaccata ad un tempo l'unione della soglia col palancato, e cogli stivi; le fig. 52 e 53 sono sezioni della soglia; la fig. 54 è l'indentatura degli stivi colla soglia e col cappello; la fig. 55 è una sezione del cappello e del verricello colla sua ruota a grilletto, e la fig. 56 è un brano di paratoja colle sue ferramenta. Le parti omologhe di ciascuna figura essendo contrassegnate colle stesse lettere, ed essendo rappresentate con sufficiente chiarezza, trovo inutile il diffondermi con ulteriori dichiarazioni.

Il livello, ossia l'altezza della soglia, in relazione ai due tronchi superiore ed inferiore della gora viene ordinariamente assunto per regola della caduta utile. In quasi tutti i paesi di Germania vi sono delle ordinanze apposite, che fissano il limite dell'altezza delle soglie nelle traverse dei mulini: e questo è un provvedimento salutare, che impedisce tante contestazioni e tanti danni derivabili dall'arbitrario cambiamento di livello delle soglie. È certo che una simile disposizione non sarebbe inutile anche da noi.

Comunemente quelle ordinanze fissano pure l'altezza a cui deve mantenersi l'acqua sopra la soglia, cosicchè viene per tal maniera ad essere determinata tutta la caduta utile e l'altezza della gora superiore, e non resta che regolare la soglia a quella tale profondità che necessita per ottenere l'altezza d'acqua ordinata.

Non è però possibile che una sola regola debba supplire a tanti casi diversi; onde si dovrebbe far differenza a norma della quantità d'acqua che fa bisogno a muovere le ruote.

In generale pertanto converrebbe meglio che fosse determinato solamente l'altezza del pelo d'acqua della gora superiore, e che la soglia, senza alcun riguardo a questa determinazione, si collocasse in relazione alle circostanze di luogo e di fatto. E per vero, ai terreni superiori deve essere del tutto indifferente che si collochi alta o bassa la soglia del mulino, purchè il pelo dell'acqua mantenga una conveniente misura.

Il piano che ci siamo proposti non permette di dare maggiore estensione a questo importante articolo. Tocca però all'Ingegnere nei casi che se gli affaceranno a regolarsi con quella prudenza o con quella attenzione che l'importanza del soggetto richiede.

§ 78.

Pei motivi addotti nell'antecedente paragrafo ordinariamente si procura di formare la soglia con un pezzo di legno di scelta qualità, sano e robusto, e di rovere a preferenza d'ogni altro, o diversamente di larice ben purgato. La sua grossezza va proporzionata all'ampiezza della chiavica, e si fa della riquadratura di 10 a 20 centimetri.

La concatenazione della soglia merita una speciale diligenza. Oltre alla maniera indicata colle fig. 45, 52 e 53 abbastanza chiara di per sè, ne riferiremo in seguito alcune altre.

Anche gli stivi, ed il cappello, o si fanno con legname di rovere, o di buon larice: tutto il lavoro poi esige particolare accuratezza e precisione. Le scorniciature e gli altri ornamenti che s' intagliano di solito nel cappello e negli stivi, oltrechè non fanno alcun utile, indeboliscono il legname e lo rendono scheggiato.

I mulinelli ai quali si avvolgono le catene delle paratoje, possono avere i loro perni incastrati direttamente negli stivi, ovvero sia appoggiarsi con maggior vantaggio ad un cuscino artificiale costituito da tavole grosse da 7 a 10 centimetri saldamente coneguate sul fianco interno del prolungamento degli stivi, come si vede rappresentato nella fig 55. Infilando direttamente i perni dei mulinelli nel vivo degli stivi si prepara un veicolo alle acque piovane per filtrare e marcire il legno. A guardare il disegno, si vede che il cuscino ha una testa indentata nel cappello, e coll'altra si appoggia al traverso posteriore, cosicchè basta una caviglia per assicurarlo stabilmente allo stivo.

Ciascun mulinello è guernito ad una delle sue teste di una *rotella a grilletto*, ne' cui denti s' incastra un *nottolino*, il quale impedisce alla paratoja di ricadere dopo che fu alzata: per calar giù la paratoja, bisogna sempre liberare la rotella dal nottolino.

I perni dei mulinelli solitamente si intagliano nel legno stesso del fuso, conservandogli però un diametro di 10 a 15 centimetri. Le impostature dei perni si armano di una boccola di ferro, ossia di un anello o viera larga a misura della lunghezza del perno. Senza un tale artificio il perno, essendo costantemente asciutto, consumerebbe assai presto. La viera inoltre impedisce che il perno si spacchi, come succede quasi sempre.

Avverto per un dippiù, che la ruota a grilletto col suo nottolino, le spranghe tricuspidi che assicurano gli stivi al palancato e l'armatura delle paratoje che serve per appenderle alle catene, sono di ferro.

§ 79.

Il fondo, o la platea, e le pareti, tanto laterali che di tramezzo, sono i membri principali che costituiscono il sistema unito delle doccie e del risciacquatojo. La platea è formata colle palate *u*, coi correnti od architravi *v* sui quali è disteso un tessuto di tavoloni. — Le pareti laterali e quelle di tramezzo sono costituite dallo zoccolo *w*, dalle travette *x*, dal fregio, o cimasa *z*, e da una fodera d'assi. I fregi inoltre sopportano anche le ponticelle *a'* e *b'*; le travi di queste ultime servono di *sbadacchio* al calastrello *c'*, in quel modo che tutte le altre travi delle ponticelle ser-

vono a mantenere diritte le pareti delle doccie e del risciacquatojo, sbarrandole. Nella fig. 57 è disegnato separatamente uno spaccato di questo sistema.

Le ruote nella rispettiva doccia non essendo poste ad uguale distanza dalla cateratta, non è fattibile che il fondo delle doccie stesse e del risciacquatojo abbia uno stesso declivio a partire dall'imboccatura, e che quindi riescano tutti egualmente inclinati. Il risciacquatojo pertanto giace a livello, ma le due doccie sono rialzate quello che basta perchè sotto alla ruota vi sia l'altezza assegnata al § 74; cosicchè riesce facile a vedersi che i correnti che formano il letto della doccia della prima ruota dovranno assottigliarsi un poco, e quelli invece della seconda tenersi qualche cosa più rilevati, in guisa tale che il fondo delle doccie presenti un declivio continuato dalla soglia alla ruota, e da questa alla relativa sboccatura.

Il profilo delle doccie espresso dalla fig. 41 essendo preso sull'asse del risciacquatojo, le cose ora indicate, vengono ivi rappresentate con punteggiate, e separatamente dallo spaccato fig. 57.

Le doccie, si è detto che debbano farsi più larghe delle ruote, e per poter facilmente liberare le pareti dal ghiaccio d'inverno, e per poter all'occasione sollalzare alcun poco gli alberi insieme colle ruote stesse; in questo caso però la sezione della doccia, si circoscrive alla larghezza netta della ruota, col mezzo degli *soccoli*, o *rialzi d'*. Questi rialzi spesso non sono che pezzi d'asse assicurati alle pareti della doccia, inclinati a paro nel fondo, e collocati dinanzi alla ruota, per avviarvi l'acqua tutta in corpo. L'acqua per altro urtando in questi rialti perde non solo la massima parte della sua velocità, ma obbliga eziandio la sorvegliante a costringersi in una sezione più ristretta e quindi a disporsi ad un'altezza maggiore; per la qual cosa questi rialti nelle doccie piane generano pregiudizio maggiore che non a lasciar scorrere l'acqua a' lati della ruota.

Questi rialti è necessario che partano dalla soglia della doccia e sieno continuati a piano inclinato fino alla ruota, onde non interrompano il deflusso dell'acqua.

A tale effetto possono adoperarsi secondo l'opportunità dei pezzi di legname comunque. Non fa bisogno che sieno più alti dell'acqua solita scorrere nella doccia. — Dietro la paratoja, ossia alle teste, i rialti possono scantonarsi al modo indicato dalla fig. 58 per dargli possibilmente la forma alla quale si dispongono i filetti dell'acqua contraendosi fra le spalle della bocca, in modo di allontanare anche quivi ogni causa di regurgito. — All'estremità opposta vengono ritondate sul raggio della ruota. — Del resto possono venire assicurati con cavicchie di ferro, o con chiodi ai correnti del letto ed alle pareti laterali della doccia.

§ 80.

Potrebbe ad alcuno venir desiderio di sapere se sia meglio il fondo delle doccie disporle in un piano di livello, od inclinato all'orizzonte. Nel primo caso la soglia della cateratta vuol essere collocata all'altezza incirca delle palmette sotto il pelo della gora inferiore, perchè diversamente l'acqua dietro la ruota non potrebbe scorrere piana, e la caduta verrebbe ad essere sacrificata.

Se l'altezza dell'acqua sopra la soglia fosse determinata, o per legge, o per convenzione comunque, allora l'alternativa della scelta è bell'e tolta, perchè la soglia deve porsi in modo che soddisfi alle condizioni prestabilite; la caduta che rimanesse però, dovrà distribuirsi nella pendenza del fondo della doccia.

Volendo approfittare dell'acqua nel modo più vantaggioso, anche quando le ruote fossero due o più alla sfilata in una sol doccia, il suo fondo, per quello che si è detto al § 38, non dovrebbe istessamente farsi orizzontale.

Ogniquale volta adunque l'altezza dell'acqua soprastante alla soglia non sia vincolata a prescrizioni, ed ogni ruota abbia sua doccia, è tuttuno per l'effetto che il fondo di questa si faccia piano, od inclinato, purchè per altro tutta la caduta passi a far parte dell'altezza a cui è dovuta la velocità. Ma se si considera che in quest'ultimo caso nelle doccie orizzontali, il loro fondo e la soglia della chiavica riescono immersi a maggiore profondità, che ordinariamente sono anche più spendiose, e più difficili a riparare; e che da ultimo scemando le acque, troppo facile è che si abbassi anche il pelo nel tronco superiore, mentre conviene tenerlo alto sopra le ruote più che sia possibile, per cui si perde una parte dell'altezza necessaria alla velocità; si verrebbe a conchiudere dover riescire sempre più vantaggioso in pratica a situare la soglia tant'alta, per cui non vi sovrasti che il necessario corpo d'acqua e il fondo della doccia proceda inclinato. A questo modo, quand'anche non si impieghi tutta l'attenzione, perchè il pelo dell'acqua si mantenga sempre alla stessa altezza quando il mulino è in azione, ciò che in realtà è anche impossibile, massime di notte tempo, almeno siamo certi che non potrà mai abbassarsi tanto che non vi sia un certo battente sopra l'apertura della cateratta. Quanto all'altezza d'acqua da conservare sopra la soglia vedasi il § 31.

Colla scorta di quanto abbiamo insegnato per la costruzione delle doccie piane e richiamando le spiegazioni esposte al § 15, coi disegni analoghi, non sarà difficile il far conoscere l'orditura delle doccie arcuate sia che servir debbano per una ruota sola, o per diverse alla sfilata. Confrontando i disegni di queste due specie di doccie, si vede subito che la differenza cardinale consiste nella struttura del fondo, il quale nelle arcuate si gira sul raggio della ruota. Per non moltiplicare inutilmente le tavole di quest'opera, già numerose, ci rapporteremo per quello che va a spiegarsi alle figure 26, 27, 28 e 29 di cui abbiamo già denominate le parti individue al § 15.

L'altezza verticale dell'arcatura dipende dalla caduta. Questo argomento fu già sviluppato abbastanza al Capo terzo, cosicchè non ci rimane a parlare che della effettiva struttura.

§ 82.

Nelle doccie arcuate più che nelle piane, e segnatamente se varie se ne abbiano ad accoppiare, si ha vantaggio a collegare le sponde con filagne, o banchine, e a rizzarle sopra le mensole, o dormienti, la quale struttura abbiamo già inculcata anche per le doccie piane, invece delle sponde a palificate. Il metodo esibito nella fig. 27 di impostare il fondo della doccia pel tratto superiore all'arcatura dal labbro di quest'ultima alla soglia della chiavica, nella contromensola t , è parimente da preferirsi a qualunque altro, perchè in tal modo le mensole possono prolungarsi senza interruzione al di sotto di tutte le altre doccie contigue. — Quando si tratti di una sola doccia senza risciacquatojo, allora le mensole si possono disporre basse ed alte, a seconda dell'andamento del fondo risparmiando le contromensole. Le sponde poi se non si costruiscono con pali, esigono un accurato collegamento.

La fig. 59 mostra la congiunzione della testata tt coi ritti q , e colle coste o centine u ; la fig. 60 è la testata medesima, e la fig. 61 una costa delineata anch'essa separatamente.

Le coste possono farsi di stordame, o legno di volta, o di tavoloni, come si fanno i quarti delle ruote che si descrivono nel capitolo seguente. Quando l'arcatura non sia molto sentita non importa che il legname sia molto ricurvo. Per le arcature grandi invece, trovandosi difficilmente legname adattato, si preferisce la seconda maniera, la quale non cede alla prima per durata ed è insieme più economica.

Per rendere l'arcatura consistente al maggior segno, le coste si dispongono ad intervalli non maggiori di centim. 75, cosicchè ne riescono tre nelle doccie strette, e quattro nelle larghe. All'opposto non è poi necessario tenerle assai robuste; e di solito basta una grossezza di 8 centimetri: si fanno però larghe 25, ed anche 30, e si tramettono de' riscontri a proporzione della loro lunghezza, e non più spaziate di un metro ad un metro e un quarto.

Il letto dell'arcatura talvolta si costruisce anche collocando le coste aderenti tra loro; in tal caso però si fanno larghe 20, o 25 centimetri secondo il legname che si può avere: e non abbisognano ulteriormente di copertura. Le arcature fatte con questo sistema sono assai durevoli, ma esigono molto legname e robusto, segnatamente se sono di una certa elevatezza.

Dopo l'arcatura, il fondo della doccia si tiene tuttavia a piano inclinato, perchè l'acqua abbia esito più spedito: la sua pendenza può farsi di 20 centimetri nelle arcature alte, e di 30 in quelle basse. Una pendenza più grande ordinariamente è perniciosa, perchè induce a soffermarsi nella doccia tropp'acqua stagnante, la quale contrasta il libero deflusso di quella che spiccia dalle ruote.

Alle volte si pratica un gradino al piede dell'arcatura come è quello rappresentato dalla fig. 62 dal quale l'acqua sbalza verticalmente. Questo metodo però è meno utile del primo, perchè l'acqua cadendo viene ritardata, e non abbandona la ruota colla voluta celerità. Vi si aggiunge poi anche l'altro danno, che l'acqua stagnante della gora inferiore, entrando nella doccia impedisce vieppiù lo sgorgamento libero dell'acqua.

Non merita quasi il dirlo che il letto dell'arcatura va fatto con tavoloni posati per traverso, e che nel resto della doccia si disporranno in lunghezza, come si rileva dalle fig. 27, 62 e 63.

Vogliamo osservare ancora essere bene che il fondo del risciacquatojo, se le doccie sono brevi, si faccia tutto in un pendio regolare e continuato, e quando sono lunghe, che il detto fondo si faccia inclinato sin verso il mezzo della sua lunghezza, e termini poscia in piano. Facendo saltare l'acqua giù dalle doccie, non solo si genera un gorgo profondo, se l'alveo e le sponde della gora non sieno armate, ma l'acqua che cade cagiona rinalgorgo il quale si propaga all'acqua che esce dalle doccie, e ne ritarda il deflusso. Per questo motivo non conviene egualmente a fare il risciacquatojo più corto delle corsie, come non sono opportune le corsie troncate troppo sotto alle ruote. Per l'effetto delle ruote è tanto importante, che l'acqua scappi più svelta che può, quanto l'aumentare l'altezza del battente contro la paratoja, o l'alzare la soglia della chiavica. Il primo

espediente di consueto non reca danno, ed è permesso: non così degli altri.

§ 83.

Fra la soglia della chiavica ed il labbro dell'arcatura si lascia talvolta un piano con qualche pendenza; e questa pendenza giova tutt'al più come altezza di velocità, ma per l'arcatura è perduta del tutto. Non di rado questo tronco inclinato si fa piuttosto lunghetto, e l'acqua allora scorrendo sur esso, soffre una resistenza osservabile. Inoltre se l'apertura della chiavica sarà larga come la doccia, e a' fianchi di questa e davanti alla ruota sieno inchiodate delle tavole oblique a mo' di rialzi, i quali nelle doccie arcuate, come nelle piane, non arrecano maggior danno che se l'acqua si lasciasse scorrere infruttuosa lateralmente alla ruota, sibbene diminuiscono sempre e considerevolmente l'urto, non farà sorpresa che le ruote spesso non corrispondano ne' loro effetti all'aspettativa.

È dunque meglio che la doccia dalla soglia della chiavica al labbro dell'arcatura si faccia orizzontale; solamente si avrà l'avvertenza di rotondarlo il labbro dell'arcatura in modo che l'acqua produca l'urto in direzione tangenziale alla ruota.

Per determinare praticamente l'incurvamento di questo labbro, il Neumann insegna la costruzione seguente:

A sia il vertice di un'arcatura alta met. 1,80 (fig. 64), *B* quello di una seconda, alta met. 1,20; e *C* di una terza di soli centim. 60, e tutte adattate per una ruota di met. 5; *mn* indichi il fondo della doccia, ed *n* o la curva dell'arcatura. Queste due linee si tagliano in *n*. Si prenda il terzo dell'altezza dell'acqua insistente alla soglia della chiavica, e questo sia per es. 15 centim., tale misura si porti da *n* in *p* ed in *q*, indi dai punti *p* e *q* si elevino le *ps* e *qt* perpendicolari ordinatamente ad *np* ed *nq*. Fatto centro nel punto *r* dove s'intersecano le due perpendicolari, e con apertura di compasso eguale ad *rp*, si tracci l'archetto *pq*, il quale sarà il rappresentativo della curva da darsi al labbro superiore dell'arcatura. Una tale costruzione, come può vedersi, vale qualunque sia l'altezza dell'arcatura.

Questo stesso metodo può adoperarsi anche quando l'arcatura sia elevata sino a livello dell'asse della ruota, come è dimostrato nella stessa figura alla lettera *D*, avendosi in simile ipotesi una ruota di fianco. Allora però alla travetta che forma ciglio dell'arcatura, oltre lo smentamento superiore, se gli fa un canaletto, o sgocciolo sottostante, come quello *v* affinché l'acqua si spicchi liberamente e non scoli aderendo al fondo dell'arcatura. In questo

caso essa accompagna la ruota fintanto che l'arcatura gli permette di abbandonarla.

Quando l'acqua percuote la ruota in un punto superiore al suo centro, non è propriamente essenziale che l'arcatura, cui allora si dà il nome di *cappa*, o *mantello*, contorni la ruota, e in caso di bisogno, dopo il diametro orizzontale può farsi a piombo. Si curerà similmente che l'acqua colpisca in direzione normale alla palmetta, e che l'urto agisca tangenzialmente alla ruota.

Per altro non sarà difficile di preparare per ogni caso individuo un modello della forma dell'arcatura, che potrà eseguirsi col compasso da ruote, sul banco dove si lavorano le ruote stesse, o con un compasso a verga, e sopra altro banco somigliante. — La curvatura superiore del modello, si fa col compasso ordinario.

§ 84.

È cosa nota, chiara e da noi frequentemente ricordata, che l'acqua patisce resistenza dal fondo e dalle sponde della doccia in cui scorre a dilungo, ossia perde una parte della velocità che aveva all'entrare della doccia, o per lo meno non acquista a capo di essa la velocità che gli competerebbe a raggiuglio della pressione. Questa resistenza aumenta colla lunghezza della doccia per la quale è costretta sgorgare.

È dunque utile collocare la paratoja sotto sotto la ruota più che si possa, di modo che l'acqua possa agire sulle palmette con tutta la velocità dovuta alla pressione superiore.

Le paratoje della chiusa, o traversa principale del mulino, è difficile che si possano collocare vicinissimo alle ruote, senza occasionare inconvenienti, e senza compromettere d'ordinario la solidità della doccia. — Avendo un sistema di doccie collegate di fianco l'una all'altra, il principio additato non potrebbe essere applicato che alla prima perchè la chiusa non vuole essere altrimenti collocata che in un solo piano attraversante il canale. Inoltre è permesso solamente colle arcature elevate di poter situare le paratoje verticali presso alle prime palmette che ricevono l'impulso dell'acqua; nelle arcature basse invece resta sempre un qualche metro di distanza.

Alle doccie pertanto, e di fronte alle ruote si applica una speciale saracinesca in positura obliqua, la quale provvede mezzanamente all'intento.

Nella doccia rappresentata dalle fig. 26, 27 e 28^a si ravvisa l'indicata saracinesca obliqua.

Traverso, e di faccia alla ruota si pone un cappello, od architrave x ; e tra esso, e la testata tt si connettono gli incastri inclinati y ; questi ultimi poi si assicurano anche alle spalle della doccia con caviglioni di ferro. Il vano tra gli incastri si chiude con assito, lasciando solamente una luce di sotto alta alcuni centimetri più della bocca usuale di estrazione. Comunemente basta che questa apertura abbia l'altezza verticale di 20, o 30 centimetri, davanti ad essa poi si pone la saracinesca obliqua w la quale è appesa ad un'asta infilata nel perno di una braca, che serve ad alzarla coll'ajuto di un particolare congegno che l'Architetto saprà ideare facilmente a seconda delle circostanze. — L'apparato di cui abbiamo dato il disegno, col quale si governa la paratoja stando sul ponte della chiusa, si concepisce facilmente colla sola ispezione delle figure corrispondenti.

I rialti, o zoccoli z , sono pezzi d'asse inchiodati agli incastri obliqui, e smentati in tondo sulla curvità del raggio della ruota, tanto verso la paratoja che verso la ruota stessa; e dalla bocca si vanno restringendo fino alla larghezza netta della ruota.

La fig. 65 rappresenta l'unione degli incastri obliqui colla testata dell'arcatura, col cappello e colle sponde; la fig. 66 quella dei rialti cogli incastri suddetti, e la fig. 67 è la saracinesca coll'armatura da noi descritta.

L'assito col quale si limita l'apertura della cateratta alla massima altezza della paratoja, ha questo di giovevole, che la paratoja ridotta a poca dimensione, si maneggia più facilmente, poi restando sempre immersa non è soggetta alle dannose influenze del gelo.

La zanca per alzare la paratoja può essere di legno; meglio però di ferro. Se la paratoja è larga più di un metro, od un metro e mezzo, come sono quelle delle ruote che muovono più palmenti, allora si può armarla di due zanche, come dimostra la fig. 68.

Fintanto che l'apertura conserva la larghezza netta della ruota, il restringimento della doccia procedente dai gargami inclinati, non merita alcuna considerazione, e gli zoccoli sono tuttavia necessarj. Siccome poi questi gargami non servono che d'appoggio alle paratoje, così non monta che sieno gran che robusti, e in caso di bisogno possono farsi d'asse.

§ 85.

Quantunque sia incontrastabile che le paratoje inclinate delle quali si è parlato nell'antecedente paragrafo rendano mirabilmente più proficuo l'uso dell'acqua, ciò non dimeno la loro applicazione è tuttavia poco generalia-

zata. Esse trovano inciampo troppo spesso nella consuetudine: i costruttori materiali e inesperti le connettono inopportuna e erroneamente alle doccie, cosicchè in faccia ai pratici perdono del loro pregio, come avviene delle cose buone tuttavolta che sieno male condizionate: in realtà poi bisogna dire che un tale artificio sia tuttavia poco conosciuto, giacchè anche i mungaj d'ordinario non mostrano renitenza a seguire delle pratiche che vedano introdotte con vantaggio. In questo caso ci resta solo a far voti, affinchè gli architettori, quando lor venga il destro, prendano in singolare considerazione un tale soggetto. L'Eiselen, distinto segnatamente pei suoi studj sul modo di valersi meglio che sia possibile dell'acqua per animare le ruote, col sussidio di parecchie sperienze, ha dimostrato in ispecie l'utile che le paratoje oblique arrecano alle ruote disposte in doccie arcuate costrutte con regolarità (1).

Fra le diverse eccezioni che spesso s'accampano contro siffatto artificio, le quali però presto si combattono con facili argomenti, quella di un qualche peso è che per via delle ghiacciate d'inverno, porta con sè incomodi e dannose influenze. Questa eccezione in moltissimi casi non è mero pregiudizio, quantunque questi incomodi e queste dannose influenze non sieno di quell'importanza che di solito si vorrebbe annettervi; poi si possono prendere quelle giuste misure che fanno all'uopo, basta solo che piaccia. Potrebbe però succedere che correndo l'invernata straordinariamente rigida e protratta, i guasti del ghiaccio distruggessero l'utile che deriva dall'uso più confacente dell'acqua: ma anche a questo è facile il provvedere regolando la fabbrica in modo di poter levare d'inverno la paratoja inclinata. Qui da noi il gelo dura ogni anno da dieci a dodici settimane, cosicchè potremo godere del vantaggio delle paratoje inclinate se non altro nel rimanente dell'anno.

Per poter adattare i rialzi anche alle doccie piane, come si è insegnato al § 80, le paratoje inclinate potranno farsi alla maniera che si vede delineata nella fig. 69. I rialzi *a*, inclinati a paro della doccia, vanno dalla soglia alla ruota, e ne restringono l'apertura superiore fino alla larghezza netta della medesima. In questi vengono impostati gli incastri obliqui, i quali sono poi tratti da un cappello posto lor sopra trasversalmente, come s'è già visto nell'antecedente paragrafo, e sono foderati di tavole fino al labbro superiore della bocca. Oltreccìò gli incastri sono assicurati alle sponde

(1) Veggasi la Memoria sull'applicazione dell'acqua alle ruote a palmette, ecc. di Giovanni Cristiano Eiselen, consigliere montan. del re di Prussia; Berlino, presso N. Viehweg, 2.^o distribuz. 1800 e 1801.

della doccia con caviglie a vite che le attraversano e possono levarsi agevolmente. Disponendo poi il cappello in modo di poterlo rimuovere, o alzare almeno senza molti disturbi, allora sarà facile a togliere e rimettere gli incastri insieme al loro rivestimento. Il cappello e gli incastri possono connettersi alle pareti della doccia con caviglie di ferro a vite da stringersi con rosetta, o con zeppa (fig. 70). Gli incastri colla loro copertura, e separati dalla doccia, sono disegnati nella fig. 71. — Quando sieno messi al posto, si introduce la paratoja nelle scanalature *d* intagliate nei rialzi, per quindi aprirla e chiuderla a piacere col mezzo di leva o di altro meccanismo adattato alle circostanze locali.

Quantunque si possa ritenere per fermo, che ben pochi saranno i casi, anche all'inverno, di dover togliere le paratoje oblique, ciò non di meno, disponendole a questo modo, si otterrà se non altro di renderle comuni; giacchè sapendo di poterle rimuovere facilmente, quando non riescano bene, saranno sperimentate più spesso. — Quando poi sarà entrata la convinzione della loro utilità, e della facilità colla quale possono eliminarsi gli incomodi e le dannose influenze che ne dipendono, allora verranno esse applicate stabilmente.

§ 86.

È chiaro per sè, che l'angolo d'inclinazione delle paratoje colle superficie dell'acqua, dipenda dall'altezza dell'arcatura della doccia in paragone di quella della ruota trattandosi solamente di avvicinare più che sia possibile lo sgorgamento dell'acqua alla ruota; quest'ultima però non deve strisciare contro la paratoja, anzi si lascerà un intervallo almeno di 15 a 20 centimetri. — Quando l'arcatura sale a due terzi e più del diametro della ruota, allora cessa il bisogno di inclinare la paratoja.

Le cateratte principali è necessario che vi sieno, anche colle paratoje inclinate. Esse tornano opportune al momento di dover fare dei risarcimenti, e molto più quando si gonfiano le acque nella gora per grosse e repentine piogge. La doccia nel sito della paratoja inclinata non è abbastanza robusta, e le paratoje stesse sono troppo deboli per poter resistere a lungo ad una straordinaria pressione.

§ 87.

La soglia delineata nella fig. 27 è impostata simmetricamente in testa al palancato, e senza alcun rinforzo laterale di pali. Nelle chiaviche piccole

e dove l'acque non ingrossano mai considerevolmente, questa combinazione è più che valida; però il palancato deve elevarsi di fianco alla chiavica passandolo traverso alla soglia, la quale è poi anche assicurata con caviglie, come dimostra la fig. 51.

Le chiaviche più ampie vogliono un collegamento più robusto. La soglia espressa dalla fig. 41 e ripetuta in iscala maggiore colla fig. 52 è stretta fra due correnti, ai quali è inchiodata: questi ultimi poi sono indentati sopra appositi pali, cosicchè ne risulta un sistema unito, stabile e forte.

Vi sono oltre queste moltissime altre maniere di congegnare questa parte essenzialissima delle chiaviche: ne riferiremo alcune delle migliori.

La soglia *a* nella fig. 72 ha la sua fronte anteriore che si eleva a filo del palancato su cui è innestata, ed è confortata posteriormente da un ordine di pali *c* connessi a intaccatura e inchiodati anch'essi alla soglia: a tutto questo s'aggiungono i correnti *d*. Questa combinazione è più robusta dell'altra dimostrata dalla fig. 52, ma è poi di molto maggiore spesa, perchè anche la trave che costituisce la soglia deve essere di dimensioni piuttosto generose. — Se il palancato fosse debole, se per es. non avesse che uno spessore di 15 centimetri, si dovrà preferire il sistema della fig. 72 a quello della fig. 52.

Nelle chiaviche molto grandi, le quali naturalmente esigono una soglia più resistente, la si collega come fa vedere la fig. 73, in cui *a* è la soglia, *b* il palancato, *c* i pali che contrastano lateralmente la soglia, *d* i correnti, ed *e* la palata a cui sono affidati. L'unione reciproca di questi membri si rileva dalla figura.

Se il terreno fosse ghiaioso, nè vi avesse possibilità di purgarlo interamente da' sassi, allora si porrà la soglia *a*, come insegna la fig. 74 sopra una speciale fila di pali *b*, ed il primo corrente *c* sovr'altra fila di pali *d* lasciando un intervallo tra la soglia e il primo corrente, che uguagli lo spessore delle tavole che compongono il palancato *e*; e questo si affonderà a suo luogo col battipalo, dopo di avere saldamente assicurato la soglia ed il corrente che devono servirgli di guida e ritegno. La testa delle palanche tornerà bene mozzarla sei, o sette centimetri sotto il piano dei correnti, indi coprirla con una listella *f* di sei, o sette centimetri, larga a misura del palancato, frapponendovi prima una lista di tela bene incatramata. Con questa preparazione, l'acqua non potrà penetrare così facilmente, e il palancato sarà difeso dalla putredine.

Alle volte il terreno è di natura così compatta e petrosa che non è possibile il configgervi le palanche verticalmente; allora bisogna accontentarsi di porle orizzontali, come nella fig. 75. Quivi la soglia *a* è impostata

come nella combinazione antecedente sopra una corsia di pali *b*: dinanzi a questi si escava a quella maggiore profondità che si può, indi vi si applicano i tavoloni *c*. — Non occorre che questi si facciano robusti come le palanche ordinarie, giacchè non hanno a sostenere come quelle i colpi del montone, e sott'acqua possono ritenersi incorruttibili. Potendo spingere il palancato orizzontale ad una discreta profondità, compirà egli l'ufficio suo convenientemente, non meno del palancato verticale: rispetto poi alla comodità delle riparazioni, il primo è sempre preferibile, segnatamente se il palancato si eleva al di sopra del pelo dell'acqua; perchè allora si può accomodare la partita superiore rinnovando le tavole guaste, senza toccare il piede del palancato nel caso che fosse sano tuttavia. Colle palanche verticali la cosa è diversa, e quando la testa abbia sofferto, bisogna ripristinarle interamente, e si sa bene, che quantunque il legname sotto l'acqua difficilmente imputridisca, ciò non di meno il palancato sotto alle soglie è soggetto a corrompersi, e se l'acqua può penetrarvi un sol poco, ben presto perviene ad iscalzarlo. — È raro però che le circostanze permettano di potere spingere alla debita profondità le palancate orizzontali, per cui solitamente si adottano solo quando il piantamento dei pali debba costare troppo caro, o sia impossibile assolutamente.

Traslocando i membri di questo sistema, si potranno trovare con facilità molte altre combinazioni. Noi però ci limiteremo a dire, che se la soglia deve essere composta di varj pezzi, sarà ben fatto che le giunture cadano rispettivamente sotto agli ativi. Ordinariamente le giunture si connettono a doppia ugnatura, nel modo che si vede indicato dalla fig. 76.

§ 88.

Quando la gora non abbia uno scaricatore attiguo, allora singolarmente giova collocare la soglia del risciacquatojo ad un livello più depresso di quello delle doccie, perchè a questo modo, si può smaltire ad un bisogno una maggiore quantità d'acqua, ed impedire che il suo livello si elevi eccessivamente; inoltre l'acqua sgorgando con impeto, trascinerà seco molta della sabbia e del fango che continuamente si depongono nel tratto superiore.

La soglia in questo caso non può farsi continuata attraverso tutta l'ampiezza della chiavica, ed il suo collegamento esiga un'attenzione specialissima. Una chiavica così fatta è quella rappresentata dalla fig. 77, dove *a* può essere la doccia di un mulino da grano, *b* quella di un mulino da segare, o da far olio, o qualche cosa di simile, e *c* è il risciacquatojo. Il

modo di costruire una chiavica come questa, fu spiegato al § 78, e le figure corrispondenti lo chiariscono abbastanza.

Quanto alle doccie, faccio solo osservare di nuovo, che qui pure sarà ottimo avviso il far traversare i correnti a tutta la larghezza della chiavica unendo le pareti laterali e le tramezze alle banchine ed ai correnti: la platea poi di ciascuna doccia, dove riesce più alta dei correnti, si sovrappone ad un letto di piane, o traversi.

§ 89.

Il fondo delle doccie ordinarimente si fodera con tavole dello spessore di cinque ad otto centimetri, che si assicurano con chiodi. Questo fondo, dovrebbe presumersi indestruttibile, almeno fintanto che resta in acqua, giacchè il legname sempre sommerso difficilmente si corrompe; pure ha un altro nemico poderoso, che è l'urto, e lo sfregamento continuo dell'acqua, e se essa può appena infiltrarsi per qualche commissura, ben presto lo iscalza, e ne genera crepature di uno e fin due centimetri e più. E allorchè ciò avvenga, la doccia bisogna rifoderarla, quand' anche fosse buona tuttavia la metà.

In quest'ultimo caso possiamo ben prevalersi delle vecchie tavole rimaste sane, ricongiungerle, e provvedere di nuovo alle mancanti. Le vecchie però non si prestano altrimenti ad essere ben lavorate, prima per le molte particelle terrose di cui sono impregnate, poi, perchè il legno vecchio e inzuppato d'acqua, riesce, come dicono i legnaiuoli, salcigno e fungoso. Oltrecciò, avendo già fatto servizio, non sarà mai che duri quanto il nuovo; ecco perchè un fondo risarcito metà di nuovo e metà di vecchio, spesso non dura neanche metà tempo di quello che durerebbe se fosse rinnovato di pianta; dimodochè avremmo un risparmio illusorio di legname, e le spese in iscambio di fattura sprecate.

Spesso il fondo guasto e corrosivo di una doccia può tirarsi avanti almeno per l'ugual tempo che si ottiene a ripararlo nel modo accennato, rivestendolo con nuove tavole dello spessore di 3 a 4 centimetri, avendo attenzione di alternare le commisure. — A questo modo, è vero che non si fa economia di legname, però si risparmia notabilmente in fattura e tempo. Quest'ultimo poi, nei mulini è molto importante, giacchè tali ristauri d'ordinario si suol farli ad acque magre, ed in questo stato conviene perderne il meno che si può, per approfittare dell'acqua e della caduta.

Le tavole molte volte si combaciano solamente, stringendole a dovere con filetti. Questo metodo è preferibile realmente alle congiunzioni a maschio e a femmina, prima perchè il carpentiere è ben raro che lavori colla voluta precisione i tavoloni di maggiore robustezza che occorrono in questo caso; poi, perchè l'acqua s'infiltra, e fra i canaletti delle commessure trova maggiore adito a investire le tavole interiormente. Oltrecciò le parti costituenti le intaccature sono troppo deboli da poter lottare lungamente coll'azione dell'acqua, per cui il fondo delle doccie fatto con tavole unite ad incastri, è raro che duri come a farlo con tavole semplicemente combaciate.

Sarà dunque meglio seguire quest'ultimo sistema, e serrarli fitti i tavoloni analmandone dapprima le coste con catrame, e turando con istoppa le fenditure.

L'Hoffmann nella già ricordata sua opera sulla Architettura dei mulini, propone di comporre il fondo delle doccie con doppio ordine di tavole dello spessore di cinque centimetri, sovrapposte in modo che le unioni riescano alternate, di calafatare con catrame e stoppa le superficie combacianti, e frappar loro una grossa tela parimenti ben impeciata. — Questa proposizione merita di essere universalmente accolta, e non è poi tanto dispendiosa ed incomoda, come potrebbe a tutta prima ritenersi. Per questa operazione possono servire tele già usate, come sacchi dismessi ed altro somigliante; prima però dovranno essere scuciti diligentemente, poi si cercherà di distenderla colla maggiore possibile uniformità, evitando che in un sito possa riescir ripiegata a doppi, e in un altro che abbia ad essere semplice. Una doccia con fondo così fatto, può durare del gran tempo.

Quello che finora abbiamo detto del fondo delle doccie, vale anche per le pareti, segnatamente per quella porzione delle medesime che è toccata dall'acqua.

Osserveremo quindi solamente che a quelle pareti delle doccie dietro le quali va terrapienato e dove oltre l'ordinaria tessitura di pali va fatto un ripieno di legnami, non riesce superflua anche la fodera interna; perchè serve a difendere e mantenere più lungo tempo i pali, e l'acqua può scorrere senza impedimento: inoltre l'acqua s'insinua facilmente tra le unioni dei legnami di semplice riempimento e corrode il terrapieno. I legnami di ripieno devono essere di qualità scelta, forte e ben condizionata.

Le riempiture si fanno di preferenza con terra forte, cretosa, od argillosa, e ben purgata d'ogni sostanza eterogenea.

§ 90.

Alle doccie vanno annessi necessariamente dei ponti, o andatoje, le quali servono, all'inverno in ispecie, per liberare gli alberi, le ruote e le doccie stesse dalle masse di ghiaccio che vi si rappigliano, e in occasioni di ripari alle ruote, suppliscono ai ponti di servizio, che altrimenti si dovrebbero erigere. Questi ponti d'ordinario sono formati di un solo pancone gettato al traverso, e senza troppa cura. Il mugnajo avvezzo al pericolo del ghiaccio, corre con tutta spensieratezza sul pancone mezzo arrotondato dal ghiaccio, quand'anche abbia veduto un momento prima il suo compagno a tomare e salvarsi con pena, o sì vero a rimanere schiacciato, od affogato, come pur troppo succede non infrequentemente. — Val ben quindi la pena che non si badi a quel poco di legname e di fattura che possono occorrere per avere più comode andatoje, e che si pensi anche a questa spesa quando si propone la fabbrica di un mulino, perchè poi esse, oltre al comodo, aumentano anche la stabilità delle doccie. È commendevole a tale proposito anche il sistema di coloro che usano coprire il canale delle doccie in tutta la sua lunghezza, o solamente fino là dove girano le ruote. Con questa difesa, la quantità di ghiaccio che si forma è assai minore del solito.

§ 91.

Molte cose resterebbero ancora a dirsi della costruzione delle doccie, ma io stimo inutile il diffondermi più oltre in siffatto argomento. Per lo stesso motivo tralascio di far parola della struttura delle doccie in pietra ed in muratura, e di altri perfezionamenti che le riguardano, riservandomi a trattarne a miglior agio in qualche altra occasione.

In questi cenni si ritengono noti anche i metodi di allestire ed affondare i pali e le palanche, e di eseguire tutte le altre operazioni relative al collegamento reciproco dei diversi membri. Di queste cose che appartengono all'Architettura idraulica, come vi appartengono anche le doccie, sebbene d'altra parte sieno inseparabili dalla fabbrica dei mulini, si trovano delle nozioni pratiche specialmente nella già rammemorata pregevole *istruzione pratica di Architettura idraulica* di Gilly ed Eytelwein (1).

(1) Questo lavoro accolto, con tanto plauso al suo apparire, e così vantaggioso alla scienza per la copia e per l'eccellenza dei precetti e dettaglj d'ogni maniera che presenta onde servire alla compilazione dei progetti relativi ai rami più importanti dell'Architettura

idraulica pratica, fu immaginato ed intrapreso in comune dai signori Gilly ed Eytelwein. Ciascun ramo forma un trattato distinto, in cui si comprende tutto quanto vi abbia necessaria relazione.

I trattati pubblicati, per quanto mi è noto, sono quattro, dei quali soltanto i primi due furono elaborati di concerto dai nominati professori; gli altri sono del solo Eytelwein. Nel primo si parla dei pali in genere, delle macchine palificatorie e delle ture; ne furono fatte tre edizioni; l'ultima è del 1830 in data di Berlino. Il secondo tratta delle macchine per espellere l'acqua dai cavi e dai recinti a stagno per le fondazioni; anche di questa fu fatta ristampa nel 1818. Il terzo, edito nel 1820, contiene i principj occorrenti alla erezione delle ispallature, arginature e muri di rivestimento e di sostegno. L'ultimo finalmente, ristampato nel 1824, è relativo alla costruzione dei sostegni e delle chiuse di navigazione.

PARTE SECONDA

CAPO SETTIMO

*Della costruzione delle ruote in generale,
e della composizione delle cerchiature in particolare.*

§ 92.

Per iscanzare frequenti ripetizioni nel descrivere le specialità dei metodi di fabbricare le ruote, è necessario premettere delle generali nozioni intorno agli oggetti che vi hanno relazione. A questo argomento destiniamo il presente Capo. Il successivo ne formerà la continuazione, e tratterà singolarmente della struttura delle ruote d'ogni specie. Quivi parleremo soltanto del ruotismo in genere che si adopera ne' mulini comuni con ruote a palmette, come sono gli scudi, o ruote dentate sieno diritte, od a stella, le ruote a corona, i rocchetti, le lanterne, i pignoni; e si tratterà della loro struttura materiale. Le altre qualità di ruote, come quelle a tamburo, od a pioli, quelle a disco, le coniche od angolari, le ruote composte, i volanti, le ruote di ferro d'ogni foggia, ed altre diverse, non entrano a parte del nostro lavoro, e quindi ommettiamo di darne la descrizione per non dilungarci oltre misura.

Le dimensioni delle ruote, convenienti alle diverse condizioni da cui dipendono, ed i calcoli relativi sono già stati additati al Capo quarto.

§ 93.

Prima di metterci a ragionare sulla costruzione delle ruote, è necessario far conoscere l'apparato e gli stromenti particolari di cui si serve il macchinista, oltre a quelli che ha in comune col legnajuolo e col carpentiere, i quali noi tralascieremo di descrivere come troppo lontani dal nostro argomento.

Il primo e più importante apparato per un fabbricatore di somiglianti lavori, è il *banco da ruote*: esso è formato da una intelajatura che si innalza circa sei decimetri al disopra del pavimento, sulla quale si congegnano le corone delle ruote; le sue dimensioni corrispondono quindi a

Lux. L.

quelle delle ruote per le quali è disposta. Le fig. 78, 79, 80 e 81 rappresentano tre di questi banchi di diversa forma e grandezza. Eglino sono formati da un contesto di travi combinati a norma degli indicati disegni, i quali sono sostenuti convenientemente tanto nel mezzo che all'estremità delle braccia, e sono disposti in un perfetto piano orizzontale. Nel mezzo di questa orditura di travi sporge una spina o cilindro esattamente calibrato, il quale volgarmente chiamasi *monaco*, *pernio*, o *stelo*. Quest'ultimo serve per infilarvi il compasso che si descriverà in seguito, e forma il centro delle ruote che si fabbricano sul banco. In tutte le braccia poi sono inseriti eziandio dei balaustri o caviglie *b* tra cui si dispongono i quarti, o le corone delle ruote, cosicchè la loro distanza dal monaco dipende dal raggio delle medesime. Queste caviglie sono combinate in modo che si può facilmente spostarle più in dentro, o più in fuori conforme al bisogno, per cui quello stesso banco sul quale si fabbricano le ruote grandi, serve anche per fabbricarvi le piccole.

Il compasso da ruote, fig. 82, consiste in un regolo il quale da un capo *a* ha quattro fori distinti ordinatamente colle cifre 1, 2, 3 e 4 e dall'altro ha un dente corsojo *b*. — I primi si applicano esattamente al monaco del banco, cosicchè posto in ordine il compasso, facendolo girare coll'altro estremo, il dente *b* descriverà una linea circolare. Tutte le linee che si possono descrivere col compasso, conservando un medesimo centro, riescono parallele; ed il compasso è costituito e suddiviso in modo, che la distanza degli spigoli dei quarti che si vogliono segnare, corrisponde precisamente a quella dei fori suindicati, come si rileva dalla figura.

I fori segnati colle cifre 1. e 3 sono distanti fra loro di un intervallo uguale alla comune larghezza della corona delle ruote, quindi si concepisce facilmente che si può descrivere la periferia interna della ruota, infilando il compasso nel monaco col foro 1, e si descriverà l'esterna sostituendo il foro 3. — Allo stesso modo il foro 2 servirà a delineare la periferia media, senza che perciò si abbia bisogno di svitare il dente. Se il compasso avesse un unico foro, allora si farebbe trascorrere il dente a norma del bisogno: ma questa pratica genera perditempo ed inesattezze. Il mezzo foro 4 intagliato all'estremità del regolo, serve per appoggiare il compasso al monaco, quando si vogliono tracciare delle rette in direzione del raggio, come sarebbero per esempio le unioni dei quarti, nel qual caso il dente impedirebbe.

Sul regolo del compasso si può incidere anche il metro colle sue suddivisioni, partendo dal foro n.º 2. In tal modo si può con tutta facilità collocare il dente a quella posizione che si vuole. — La misura si rende inutile tutte le volte che l'operaio ami meglio determinare il raggio della

ruota con una delle operazioni geometriche indicate al § 56. La procedura da seguire fu insegnata nell'anzidetto paragrafo. Quivi accenneremo solamente che l'operaio chiama *lunghezza del compasso*, o semplicemente *compasso* quello che noi abbiamo denominato *raggio medio*, o *raggio di contatto*. Perciò, allorquando in pratica sentiamo dire che il compasso è più o men grande, dobbiamo intendere che non si tratta dell'istrumento materiale, ma sibbene del raggio medio della ruota.

Il compasso descritto e delineato nella fig. 82 non è adattato per tracciare quarti, o corone di diverse larghezze. Si potrebbe pertanto coordinarlo in modo da poter slogare i fori 1 e 3 col mezzo di biette e toppetti, come si vede rappresentato chiaramente dalla fig. 83.

Il compasso per la distribuzione dei quarti, per la misura delle braccia, e per altre simili occorrenze, è uno dei soliti compassi a verga. Vedasi il disegno fig. 84. Ordinariamente si fa lungo un raggio e mezzo almeno delle ruote per le quali deve adoperarsi. — Anche sul regolo di questo compasso può incidersi la misura metrica lineare, cominciando la divisione dal centro della punta fissa. — Questo strumento sarebbe suscettibile di una forma più comoda, ma il poco uso che se ne fa, non compenserebbe la maggior spesa che si dovrebbe sostenere per ottenerla.

§ 94.

Quell'anello cilindrico che forma il contorno di una ruota, senza le braccia che vi sono inserite, dicesi comunemente la *corona*. Nelle ruote idrauliche, escluse quelle sciolte, la corona è formata da due cerchiature verticali ed equidistanti, fra le quali sono contenute le palmette.

Le corone delle ruote sono composte con pezzi di legno girati in tondo sul raggio stesso della ruota, i quali prendono la denominazione di *quarti*, *volghe*, o *gavelli*. Nella maggior parte delle ruote, per formare le corone si adoperano dei pezzi d'asse apparecchiati a bell'apposta, incollati, ed inchiodati in doppio, od in triplo, e colle giunte disposte in serie alterna. La fig. 85 rappresenta un frammento di corona composta di quarti fatti con asse congiunte in doppio; la fig. 86 è un simile frammento di corona con quarti fatti d'asse triplicate. Le punteggiate indicano le articolazioni de' quarti sottoposti: in tal modo i cerchi, o corone si considerano composti di diversi ordini di quarti. Comunemente poi dicesi che la corona, è costituita di quattro, sei o più pezzi, a misura de' quarti che occorrono per ciaschedun ordine. Il numero reale dei pezzi che entrano nella corona, è doppio, o triplo di quello che si accenna, a norma degli strati che la compongono.

È cosa facile a rilevarsi, che i quarti di cui si compone una ruota, diminuiranno di numero, quanto più si faranno lunghi, ma le tavole altresì bisogneranno ragguagliatamente più larghe. La ruota pare che debba essere sempre più robusta, a misura che crescono di lunghezza i quarti, perchè allora si hanno meno giunture nel giro della corona, e l'incavigliatura con cui sono collegate fra loro le partite che la compongono, risulta più abbondante. Evvi però un limite dipendente dalla larghezza delle tavole, che in commercio di rado sorpassano li 50 centimetri. Inoltre coi quarti assai lunghi si incorre nel dannoso inconveniente di dover troncarsi troppo bruscamente le fibre del legno, e la solidità della ruota ne risente molto di più che non a diminuire alcun poco la lunghezza dei quarti. Una tale verità abbiamo procurato di renderla sensibile colla figura 87 dove a e b rappresentano due quarti di una stessa ruota; e questi di tale lunghezza, che la medesima possa egualmente comporsi, o con quattro pezzi delle dimensioni di quello a , o con sei lunghi come b .

Dunque nel determinare il numero dei quarti, bisognerà regolarsi a seconda della larghezza delle tavole, le quali rare volte convien prenderle più larghe di 50 centimetri, e solo in caso di necessità si sceglieranno anche di 60 e più.

Per quanto sia piccola una ruota, non si impiegano mai meno di quattro quarti per ogni strato della corona. Nelle ruote dentate ordinariamente i quarti si tengono pari di numero, potendosi in tal modo inserirvi meglio le braccia, come dimostreremo a suo luogo. Le ruote idrauliche possono comporsi anche con numero impari di quarti, quantunque sia sempre meglio seguire anche per queste l'accennata regola.

Le ruote dentate col diametro di tre metri, fuori dei casi straordinarj, potrebbero farsi di quattro pezzi, o quarti; e quelle col diametro di sei metri potrebbero limitarsi a sei pezzi; pure le prime si fanno di sei, e le altre di otto, perchè altrimenti sarebbe necessario far uso di tavole larghe più che 60 centimetri. — Per siffatte ragioni adunque sarà più espediente, quando le ruote sorpassano i due metri di diametro, di comporle a sei quarti, e quando sorpassano i quattro metri e mezzo di comporle ad otto quarti. Ruote dentate in più di otto quarti, non è facile che occorran nei mulini nostrali, giacchè se toccassero fin anche gli otto metri di diametro, le tavole non per questo bisognerebbero più larghe di 50 centimetri. — D'altronde abbiamo veduto che le ruote alte più di tre o quattro metri, potendo, è meglio evitarle (§ 58).

Nelle ruote idrauliche i quarti si fanno lunghi da met. 1,50 a met. 2,80, ritenendo i più corti per le ruote basse, e i più lunghi per le alte. I quarti più corti valgono solamente per le ruote al disotto di due metri, giacchè come si è detto, la corona non deve avere meno di quattro pezzi.

Il numero, lo scompartimento e la lunghezza dei quarti, non che la larghezza necessaria delle tavole può determinarsi assai facilmente, e con bastante precisione disponendo un modello in piccola scala della ruota da fabbricarsi, e regolandosi con questo. La scala non deve scegliersi troppo piccola, e per le ruote comuni, potrà essere il decimo della misura naturale, ossia un palmo per ogni metro.

§ 96.

Allorchè si conosca la larghezza delle tavole da impiegare nella costruzione di una ruota, per trovare col soccorso del calcolo il numero corrispondente dei quarti, si potrà procedere a questo modo:

Sia $adbfeh$ (fig. 88) uno dei quarti della ruota da fabbricare, e

$do = R$ il raggio del perimetro esterno;

$eo = r$ il raggio del perimetro interno;

$de = b$ la larghezza uniforme assegnata ai quarti;

$dg = f$ la larghezza delle tavole scelte per quest'uso;

n il numero dei quarti che occorrono, ritenute le addotte circostanze.

Ciò posto si avrà

$$eg = f - b; \quad \text{ed } r = R - b.$$

Ora essendo

$$\begin{aligned} eg &= r \operatorname{sen} v. \quad eob = r \operatorname{sen} v. \frac{1}{2} hof \\ &= r \operatorname{sen} v. \frac{1}{2} \cdot \frac{360^\circ}{n} = r \operatorname{sen} v. \frac{180^\circ}{n}, \end{aligned}$$

sarà anche

$$r \operatorname{sen} v. \frac{180^\circ}{n} = f - b,$$

e

$$\operatorname{sen} v. \frac{180^\circ}{n} = \frac{f - b}{r} = \frac{f - b}{R - b},$$

ossia, sostituendo il cos. al sen. (1),

$$1 - \cos. \frac{180^\circ}{n} = \frac{f - b}{R - b};$$

(1) V. Lottari, *Introd.* V. I, § 254.

e quindi

$$\cos. \frac{180^\circ}{n} = 1 - \frac{f - b}{R - b}$$

ossia

$$\cos. \frac{180^\circ}{n} = \frac{R - f}{R - b}$$

Dunque il coseno di un angolo di $\frac{180^\circ}{n}$, il quale può averci dalle tavole trigonometriche, per noi sarà rappresentato dall'espressione $\frac{R - f}{R - b}$.

Fatto quest'angolo $= \alpha$, sarà $\alpha = \frac{180^\circ}{n}$; ed $n = \frac{180^\circ}{\alpha}$.

APPLICAZIONE 1.^a

Il raggio del contorno esterno di una ruota idraulica debba essere lungo met. 3,70; la larghezza dei quarti sia fissata a 30 centimetri e le tavole disponibili sieno larghe 45 centimetri.

Si vuol determinare il numero dei quarti che saranno necessarij per ognuna delle falde di cui deve comporsi la corona?

Abbiamo $R = 3,70$; $b = 0,30$ ed $f = 0,45$;
quindi

$$\begin{aligned} \cos. \frac{180^\circ}{n} &= \frac{3,70 - 0,45}{3,70 - 0,30} = 0,955882 \\ &= \cos. 17^\circ 5' = \cos. 17^\circ \frac{1}{12} \text{ prossimamente,} \end{aligned}$$

da cui si trae

$$\begin{aligned} \frac{180^\circ}{n} &= 17^\circ \frac{1}{12} = \frac{201^\circ}{12}; \text{ ed} \\ n &= \frac{180 \cdot 12}{201} = 10 \dots \end{aligned}$$

Siccome nella presente ricerca non possiamo far conto delle parti frazionarie, così ogni qualvolta non si abbia comodità di sostituire al momento tavole più larghe, se la grandezza del rotto sarà di qualche entità, si accrescerà di uno il numero dei quarti che si avrà desunto dal calcolo. Che se potranno averci tavole un po' più larghe, allora, se pure si ritiene indispensabile, si potrà scegliere il numero immediatamente maggiore o minore di quello trovato.

Nell'applicazione testè presentata, si sarebbe supplito egualmente con dieci pezzi, quand'anche la tavola non avessero avuta tutta la larghezza di 45 centimetri; giacchè la ruota non perde della sua robustezza, quand'anche i quarti riescano mancanti dei cantoni interni, nel modo rappresentato dalla fig. 89. Il difetto però, senza un bisogno si cercherà a non lasciarlo riescire troppo vistoso, in proporzione alla larghezza dei quarti. Le scanonature rappresentate nel nostro caso, sono di un centimetro all'incirca, epperchè non molto osservabili.

Sarà sempre meglio, se si può, farli compiti i quarti, ammenochè, ed una ponderata economia ed altre circostanze non suggeriscano diversamente.

APPLICAZIONE 2.^a

Una ruota dentata debbe avere il diametro di met. 3,40, ed i quarti larghi 23 centimetri. Di quanti pezzi dovrà comporsi, usando tavole larghe centimetri 55?

Sostituendo ai valori generali quelli dell'enunciato, abbiamo

$$R = 1,70; f = 0,55; b = 0,23$$

e quindi

$$\begin{aligned} \cos. \frac{180^\circ}{n} &= \frac{1,70 - 0,55}{1,70 - 0,23} = 0,782312 \\ &= \cos. 38^\circ 32' \text{ prossimamente} \end{aligned}$$

donde

$$\begin{aligned} \frac{180^\circ}{n} &= 38^\circ 32'; \text{ ed} \\ n &= \frac{180}{38 \frac{8}{15}} = 4,6, \end{aligned}$$

cosicchè si dovranno ritenere 4 pezzi; e qualora il calcolo avesse dato 5 pezzi per risultamento, si avrebbe pure dovuto sceglierne 4, o 6, perchè, come si è già ricordato nell'antecedente paragrafo, le ruote dentate comunemente si fanno di 4, 6, o più quarti, sempre però di numero pari.

Per facilitare il calcolo nel determinare il numero dei quarti, atesochè non sempre si hanno alle mani le tavole delle funzioni circolari, così si credea giovevole di presentare la sottoposta tabella dei coseni per tutti i valori da $n = 4$ ad $n = 16$ inclusivamente.

Con questa tabella, trovato che si abbia il valore di $\cos. \frac{180^\circ}{n}$ me-

dianle quelli di R , f e b , resta solamente a cercarsi nella prima colonna a quale di quelli ivi compresi prossimamente corrisponda, ed il numero contrapposto nella colonna n indicherà quello dei quarti di cui potrà essere costrutta la ruota. La terza colonna contiene l'espressione degli angoli corrispondenti ordinatamente ai coseni esposti nella prima.

$\text{Cos. } \frac{180}{n}$	n	$\frac{180}{n}$	
0,7071068	4	45	—
0,8090170	5	36	—
0,8660254	6	30	—
0,9009634	7	25	42",9
0,9238795	8	22	30
0,9396926	9	20	—
0,9510565	10	18	—
0,9594945	11	16	21,8
0,9659258	12	15	—
0,9709397	13	13	50,8
0,9749297	14	12	51,4
0,9781476	15	12	—
0,9807853	16	11	15

APPLICAZIONE 2.^a

Si vuol fare una ruota idraulica alta met. 6,90, a quarti larghi 0,27, e le tavole da adoperarsi sono larghe 0,38. Si domanda che numero di quarti sarà necessario per ogni falda?

Abbiamo $R = 3,45$; $b = 0,27$; $f = 0,38$, e quindi

$$\cos. \frac{180^\circ}{n} = \frac{3,45 - 0,38}{3,45 - 0,27} = 0,96540.$$

Nella tabella su esposta, questo coseno è compreso tra 16° , $21,8$, e 15° , cosicchè dovrebbero scegliersi dodici quarti, prima perchè con soli undici non si porrebbero a profitto esattamente le dimensioni del legname, poi perchè il compartimento delle braccia vien meglio se i quarti sono pari di numero. Ciò per altro non deve osservarsi a tutto rigore, massime nelle ruote idrauliche.

Nel paragrafo antecedente abbiamo rintracciato il numero dei quarti, essendo data la larghezza delle tavole con cui volevano farsi: nasce però spesso anche il bisogno di sapere reciprocamente quale larghezza dovranno avere le tavole perchè se ne possa ricavare un determinato numero di quarti; sia, perchè ordinariamente la larghezza assegnata alla prima, risulta o troppo grande, o troppo piccola, cosicchè, o bisogna trascurare qualche piccola frazione, o spesso anche aggiungerne una maggiore; sia perchè il numero dei quarti, singolarmente nelle ruote dentate è combinato ad altre circostanze, come si è già veduto al § 32.

Quando s'intraprende la costruzione di una ruota, convien dunque, a seconda della qualità del legno che può averai e delle altre circostanze inerenti, determinare da prima il numero dei quarti colla scorta dell' antecedente paragrafo, indi reciprocamente la conveniente larghezza delle tavole: e ciò tanto per mettersi in grado di provvedere al bisogno con qualche precisione, quanto per essere più certi, che i quarti potranno fabbricarsi senza che vi sia nè consumo, nè difetto di legname.

Si conservino i simboli, ed i significati loro dati rispettivamente nel paragrafo antecedente, e si avrà

$$\cos. \frac{180^\circ}{n} = \frac{R - f}{R - b}$$

donde

$$(R - b) \cos. \frac{180^\circ}{n} = R - f$$

per cui la larghezza delle tavole sarà

$$f = R - (R - b) \cos. \frac{180^\circ}{n}.$$

APPLICAZIONE 1.ª

Si vuol costruire una ruota idraulica del diametro di met. 6,90 in otto pezzi, della larghezza uniforme di centim. 27. Quale dovrà essere la larghezza delle tavole occorrenti?

Essendo $R = 3,45$; $b = 0,27$ ed $n = 8$,
la larghezza domandata sarà espressa da

$$\begin{aligned} f &= 3,45 - (3,45 - 0,27) \cos. \frac{180^\circ}{8} \\ &= 3,45 - 2,94 = 0,51. \end{aligned}$$

LIB. I.

18

Se vorrà farsi la ruota di nove pezzi, la larghezza delle tavole si ridurrebbe a quest'altra, cioè:

$$f = 3,45 - (3,45 - 0,27) \cos. \frac{180^\circ}{9} \\ = 3,45 - 2,99 = 0,46.$$

I coseni dei valori di $\frac{180^\circ}{n}$ da $n = 4$ da $n = 16$ inclusivamente si trovano nella tabella del paragrafo antecedente. In pratica potremo arrestarci ai tre primi decimali, avvertendo però sempre di avere riguardo alla cifra immediatamente prossima, che si abbandona.

APPLICAZIONE 2.^a

Si deve fare una ruota a corona col diametro di met. 2,50, in soli quattro quarti della larghezza uniforme di 20 centimetri.

Determinare la larghezza delle tavole?

Abbiamo $R = 1,25$; $b = 0,20$; ed $n = 4$; per cui la larghezza delle tavole sarà

$$f = 1,25 - (1,25 - 0,20) \cos. \frac{180^\circ}{4}$$

Dalla tabella del paragrafo antecedente si ha

$$\cos. \frac{180}{4} = 0,707$$

quindi

$$f = 1,25 - 1,05 \cdot 0,707 = 0,51.$$

Se, facendo caso alle ragioni addotte al § 96, vorrà farsi la ruota a corona di sei pezzi, allora essendo $n = 6$, diventerebbe $\cos. \frac{180^\circ}{6} = 0,866$, e la larghezza richiesta

$$f = 1,25 - (1,25 - 0,20) 0,866 = 0,34.$$

Da questo si impara che ordinariamente per fabbricare le ruote si adoperano legnami di dimensioni generose più del bisogno: e le ruote non vi guadagnano per niente, giacchè quella maggiore robustezza che acquistano ad essere costituite di pochi pezzi, non compensa il danno che provano, se le fibre del legno devono essere tormentate e mozzicate di troppo. Le tavole da far quarti non dovrebbero mai essere più larghe del doppio della larghezza dei quarti stessi. Questa prescrizione è reclamata anche dalla scarsità sempre crescente che si prova di buon legname da ruote.

Nel bozzetto preventivo per la provvista delle tavole, conviene aggiungere tre o quattro centimetri alla larghezza definita col calcolo, prima perchè le somministrazioni è più facile trovarle calanti che crescenti, poi perchè le tavole il più delle volte hanno dei difetti.

§ 98.

Per trovare col calcolo anche la lunghezza dei quarti, si ritengano le stesse denominazioni esposte superiormente, e sia (fig. 88) $ab = l$ la lunghezza che si cerca:

sarà pure $cb = \frac{l}{2} ab = \text{sen. } cob = \text{sen. } \frac{1}{2} aob$, ossia

$$\frac{1}{2} l = R \text{ sen. } \frac{180^\circ}{n}; \text{ ed}$$

$$l = 2 R \text{ sen. } \frac{180^\circ}{n}.$$

APPLICAZIONE 1.ª

Si cerchi la lunghezza dei quarti per una ruota idraulica alta met. 6,90 da farsi in otto pezzi?

È supposto $R = 3,45$ ed $n = 8$;
quindi la lunghezza dei quarti sarà

$$l = 2. 3,45. \text{ sen. } \frac{180^\circ}{8} = 2,63.$$

Volendo farla di nove pezzi la ruota, sarà $n = 9$, ed

$$l = 2. 3,45 \text{ sen. } \frac{180^\circ}{9} = 2,34.$$

Nel primo caso, la lunghezza complessiva dei quarti di una falda della corona, è di met. 8. $2,63 = 21,04$, e nel secondo caso di met. 9. $2,34 = 21,06$: quest'ultima differisce dalla prima di una quantità trascurabile. Dall'applicazione prima del § 97 ci risulta invece, che a tenere la corona di 8 pezzi, le tavole devono essere 5 centimetri più larghe che a farla di nove, nel qual caso si avrebbe visibilmente un risparmio notevole di legname: la qual cosa si rende più sensibile, considerando che la ruota è composta di due corone; per le quali abbisogna un quadruplicato numero di quarti. Inoltre le tavole si trovano più difficilmente quanto più sono larghe, e si pagano in proporzione anche più care di quelle di larghezza usuale. Lo stesso succede relativamente alle lunghezze.

La tabella che segue contiene i seni doppi di $\frac{180^\circ}{n}$ da $n = 4$ ad $n = 16$ inclusivamente, colla quale non si fa che cercare il numero corrispondente a quello dei quarti per moltiplicarlo poi col raggio della ruota.

n	$\frac{180^\circ}{n}$		$2 \text{ sen. } \frac{180^\circ}{n}$
4	45	—	1,4142136
5	36	—	1,1755706
6	30	—	1,0000000
7	25	42,9	0,8677900
8	22	30	0,7653668
9	20	—	0,6840404
10	18	—	0,6180340
11	16	21,8	0,5634550
12	15	—	0,5176380
13	13	50,8	0,4786486
14	12	51,4	0,4450256
15	12	—	0,4158234
16	11	15	0,3901806

In pratica basterà servirsi di tre soli decimali del valore di $2 \text{ sen. } \frac{180^\circ}{n}$, avvertendo però sempre di avere riguardo alla cifra più prossima che si abbandona.

APPLICAZIONE 2.^a

Vuolai determinare la lunghezza dei quarti per una ruota a corona in quattro pezzi, col diametro esterno di met. 2,50?

Abbiamo $R = 1,25$, ed $n = 4$; quindi

$$l = 2 \cdot 1,25 \text{ sen. } \frac{180}{4} = 1,25 \cdot 1,414 = 1,77$$

Facendola in sei pezzi avremmo

$$n = 6, \text{ e } 2 \text{ sen. } \frac{180}{n} = 1;$$

epperò

$$l = 1. 1,25 = 1,25$$

come insegna la geometria.

I valori di $2 \operatorname{sen.} \frac{180^\circ}{n}$ con cui si deve moltiplicare il raggio, si scompagano in frazioni, e ne scaturiranno molte delle regole, che spesso mette in pratica l'operajo per determinare la lunghezza dei quarti, e che si trovano riferite in diverse opere sui mulini, come sarebbero quelle più volte citate di Ernst, Melzer ed altri.

Lo stesso avverrebbe se nella formola del paragrafo precedente, per trovare la larghezza dei panconi, invece del coseno si sostituisse nel calcolo il seno verso, indi si risolvesse il risultamento in frazioni distinte.

Una gran parte però di queste regole di pratica, è trovata con artificj meccanici, per cui non sempre sono positive; inoltre possiamo benissimo ritenere, che anche i pratici devono provare più facile senza confronto l'uso di una formola generale, che lo studiare una sequela di regole, in gran parte incerte e prive di fondamento.

§ 99.

Nelle idraule, costituite in modo, che negli intervalli tra palmetta e palmetta abbiano ad esservi due paja di cavicchie, le unioni dei quarti devono incontrarsi precisamente nella linea di mezzo della distanza di due palmette e delle cavicchie corrispondenti, come dimostra la fig. 90. Nelle ruote a palmette molto rade, le quali ammettono tre coppie di cavicchie ad ogni intervallo, le articolazioni dei quarti si condurranno a colpire tra due coppie di cavicchie, ad un terzo della distanza da palmetta a palmetta; questa disposizione si rileva dalla fig. 91. In nessun caso poi una giuntura dovrà coincidere colla linea d'inserzione di una palmetta, o con quella d'incavigliatura.

Nelle ruote dentate e nelle lanterne, ogni coppia di cavicchie cade tra dente e dente, o tra fuso e fuso (fig. 92, 93 e 94), e le giunture devono incontrar sempre nel mezzo di un dente, o di un fuso.

Se il numero dei quarti di una ruota (e s'intenda sempre di una sola falda) sarà divisore esatto del numero delle palmette, dei denti, o dei fusi, allora i quarti potranno farsi tutti di una lunghezza. Diversamente dovranno adoperarsi di diversa misura.

In quest'ultimo caso, la lunghezza dei quarti non è più quella calcolata alla maniera che abbiamo insegnato, dovendo risultare alcuni più lunghi, altri più corti.

Quando si conosce il numero delle palmette e dei denti, ed il numero complessivo dei quarti, si può determinare facilmente quanti intervalli, o divisioni saranno comprese in ogni quarto. Così, se una ruota idraulica, a dimostrazione d'esempio, dovrà essere composta di sei pezzi, ed avere 40 palmette; si dividerà il numero delle palmette per quello dei quarti, donde risulterà che ad ogni quarto competeranno sei palmette, o piuttosto sei compartimenti. Siccome però avanzano ancora quattro palmette, così dovranno farsi quattro quarti di sette, e due di sei palmette ciascuno. Se la stessa ruota s'avesse a compiere con sette pezzi, si troverebbe alla prima, che distribuendo cinque palmette ad ogni quarto, ne crescerebbero cinque; quindi si potranno fare cinque quarti da sei palmette, e due da cinque. — Una ruota stellata a 76 denti, debba farsi in sei pezzi. Eseguita la solita operazione avremo dodici denti ogni quarto, e ne sopravvanzeranno quattro; per cui de' sei quarti che compongono la ruota, saranno a tenersi quattro a tredici denti, e due a dodici.

Per le ruote a corona, e per le lanterne rare volte si adoperano quarti di diversa misura, perchè si procura piuttosto di regolare le cose in modo, che il numero dei quarti divida esattamente quello dei denti.

Sarebbe per altro fatica improba e tediosa se si volesse calcolare separatamente la lunghezza dei diversi quarti: per evitarla quindi, si determina la medesima colla scorta del § 98 supponendo i quarti tutti ugualmente lunghi, indi si procede a questo modo:

La fig. 95 rappresenti un quarto delineato conforme alle date istruzioni, ed AB ne sia la lunghezza calcolata. Conducasi una linea CD e sulla medesima si segni da C verso D l'intervallo di due palmette, ossia la grandezza di una divisione; e questa si divida in tante parti uguali, quante sono i quarti di una falda. Poscia di queste parti se ne prenda un numero eguale a quello dei quarti minori occorribili, e si porti da B in E sul quarto delineato: questa lunghezza esprimerà l'aggiunta dei quarti maggiori. Finalmente si prendano altrettante parti di CD , equivalenti in numero ai quarti più lunghi, e la lunghezza corrispondente si trasporti da B verso F ; ed il punto F indicherà un estremo della lunghezza dei quarti minori.

Alcuni esempj renderanno questa regola più chiara.

Esempio 1.º Una ruota da 40 palmette debba comporsi di sette pezzi per falda.

Abbiamo veduto che in questo caso conviene ritenere cinque quarti da sei palmette, e due da cinque. Sia pertanto AB , fig. 95, il quarto calcolato e delineato conforme al § 98. Si divida l'intervallo CD in sette parti uguali; cinque di queste si portino da B in F , e la $AA'FF$ sarà la mi-

sura de' quarti corti; quindi si portino due delle parti di CD da B verso E , ed in $AA'EE'$ avremo la misura de' quarti lunghi.

Il principio di questa operazione si spiega nella seguente maniera:

Si immagini composto il contorno della ruota con quarti corti solamente, a cinque palmette cadauno; in tal caso con sette quarti rimarrebbe un vuoto di cinque palmette, mentre collo stesso numero di quarti della lunghezza calcolata, si compie precisamente il giro della ruota. Da ciò si rileva che la periferia formata dai sette quarti desunti col calcolo, supera in complesso di cinque intere divisioni quella da noi poc' anzi ideata, vale a dire che ogni quarto sorpassa la giusta sua misura di $\frac{5}{7}$ di una divisione. Viceversa ciascuno dei quarti corti deve risultare $\frac{5}{7}$ meno della vera lunghezza.

Prendansi egualmente sette quarti lunghi, con sei palmette ciascuno: allora il contorno riescirebbe maggiore di due divisioni. Dunque i quarti calcolati sono tutti minori di $\frac{2}{7}$ di una divisione, o reciprocamente ogni quarto lungo deve farsi $\frac{2}{7}$ più grande del calcolato.

Dinoti ϕ la lunghezza dell'arco di un quarto calcolato, e t la distanza tra due palmette: ciò posto la lunghezza dell'arco di un quarto corto sarà $= \phi - \frac{5}{7}t$, e la lunghezza complessiva dell'arco dei due quarti piccoli $= 2\phi - \frac{10}{7}t$; inoltre la lunghezza dell'arco di un quarto lungo è $= \phi + \frac{2}{7}t$ e la lunghezza complessiva dell'arco di cinque quarti lunghi è $= 5\phi + \frac{10}{7}t$; quindi l'intera periferia sarà

$$2\phi - \frac{10}{7}t + 5\phi + \frac{10}{7}t = 7\phi$$

uguale alla somma della lunghezza dei sette archi dei quarti calcolati.

Esempio 2.º Una ruota idraulica deve avere 48 palmette ed essere composta di dieci quarti. Vi occorrono quindi otto quarti da cinque palmette, e due da quattro.

La fig. 96 rappresenti il tipo di un quarto delineato colle dimensioni calcolate; si divida l'intervallo CD , ossia una delle divisioni della ruota, in 10 parti. Due di queste si portino da B in E , e si avrà la misura di un quarto lungo $AA'EE$; si applichino poscia 8 simili parti da B verso F , ed in $AA'FF$ si avrà il modello di un quarto corto.

Potremo sempre persuaderci dell'esattezza di questa operazione, ripetendo il ragionamento fatto poc' anzi sul primo esempio.

Esempio 3.º Voglia fabbricarsi una ruota diritta a 76 denti, portati da sei pezzi.

Dovranno farsi quattro quarti da tredici denti, e due da dodici.

La fig. 97 sia il modello di un quarto delineato dietro i risultamenti del calcolo, il quale abbia la lunghezza AB : diviso l'intervallo CD in sei parti, segnandone due da B in E si avrà in $AA'EE$ un quarto lungo da 13 denti, e portando le altre quattro divisioni da B in F , si avrà il quarto corto $AA'FF$ da dodici denti.

Si rileva facilmente, che si avrebbero potute abbreviare alquanto le operazioni, se nel secondo esempio invece di dividere l'intervallo fra due palmette in 10, si fosse diviso solamente in 5 parti, e nell'esempio terzo in cambio di sei si fosse diviso in tre; allora bastava nel primo caso portare una divisione da B verso E , e quattro verso F ; e nel secondo caso una da B in E , e due da B in F . Ciò dipende dalla eventualità, che tanto il numero collettivo dei quarti, quanto quello parziale de' quarti lunghi e de' corti, abbiano il 2 a fattore comune. Noi però volevamo dimostrare l'applicazione della regola in generale.

Ci resta da osservare che la lunghezza CD , che rappresenta la distanza di due palmette, si ritiene misurata sul contorno esterno; ed istessamente sul medesimo si suppongono eseguite le indicate operazioni. Se poi si volesse prendere la CD equivalente alla lunghezza che avrebbe misurandola sul contorno descritto col raggio medio, allora tutta l'operazione dovrebbe pure eseguirsi sul contorno anzidetto.

È manifesto che la larghezza dei panconi pei quarti lunghi deve essere maggiore, e pei corti minore di quella che col calcolo si trova competere ai quarti supposti tutti di uguale lunghezza. In effetto è raro poter trovare in commercio i panconi tutti della larghezza esatta che abbisogna; motivo per cui abbiamo già suggerito al § 96 di abbondare nei computi e nelle provviste di 4, o 5 centimetri sulle reali occorrenze, e ciò si dica tanto della larghezza che della lunghezza. Se il legno sarà soarso a segno che non si possa far conto dell'avvisato accrescimento, non per questo si tema che generi notabile difetto, se per sorte avessero a doversi tollerare delle

piccole scantonature nella lunghezza de' quarti, come le vediamo rappresentate nella fig. 89.

Occorre rarissime volte di dover calcolare la larghezza dei panconi: ciò non ostante, qualora si presentasse la circostanza, potremo farlo, giovandoci della formola esposta al § 97, supponendo n maggiore o minore, secondo che i quarti sono ordinatamente più piccoli o più grandi.

Per determinare la larghezza n de' singoli panconi, può suppersi la n medesima uguale ad una frazione che abbia per numeratore il numero collettivo delle palmette e per denominatore il numero delle palmette contenute in uno dei quarti della ruota.

Operando in tal modo, per trovare la larghezza de' panconi opportuni pei quarti lunghi, nell'esempio primo di questo paragrafo, porremo

$$n = \frac{40}{6}, \text{ e quindi la larghezza richiesta sarà}$$

$$f = R - (R - b) \cos. \frac{180}{\frac{40}{6}} = R - (R - b) \cos. 27^\circ;$$

pei quarti piccoli poi si avrebbe

$$n = \frac{40}{5}, \text{ epperò}$$

$$f = R - (R - b) \cos. \frac{180}{8}.$$

Nel secondo esempio, pei quarti lunghi sarebbe

$$n = \frac{48}{5}, \text{ e } \cos. \frac{180^\circ}{n} = \cos. \frac{180^\circ}{\frac{48}{5}} = \cos. \frac{75^\circ}{4};$$

e pei piccoli, $n = \frac{48}{4} = 12$, per cui

$$\cos. \frac{180^\circ}{n} = \cos. \frac{180}{12}.$$

Finalmente nel terzo esempio, pei quarti lunghi si avrebbe $n = \frac{76}{13}$,

e pei corti $n = \frac{76}{12}$.

Collo stesso artificio, anche qualora i quarti si avessero a fare tutti di diversa lunghezza, non sarà difficile a trovare la precisa larghezza dei panconi.

Lm. I.

coni. La tabella inserita al § 96 non basta in questi casi; bisognerà quindi avere ricorso alle tavole trigonometriche.

§ 100.

Disposta in tal modo ogni cosa per la costruzione di una ruota, ed allestiti i materiali occorrenti si potrà dar principio al lavoro. L'officina interinale si avrà avvertenza di sceglierla in luogo difeso dalle piogge e dal sole, perchè nocivi entrambi.

Sia stato eretto, e assicurato orizzontalmente il banco; e sia preparato il compasso da ruote col dente al posto preciso determinato dal raggio della ruota da costruirsi; ed il compasso a verga secondo la lunghezza calcolata di un quarto.

Si prenda un pancone tra i più larghi e più sani di quelli destinati ad essere impiegati nella fabbrica della ruota; si distenda sul banco come viene indicato dalla fig. 98, e si spinga disotto al compasso talmente da potervi descriver sopra un quarto regolare e perfetto più che sia fattibile; cosa che non è difficile ad ottenersi; indi col dente si descrivano le tracce ABC e DEF , collocando ogni volta ordinatamente il compasso nell'apposito foro. Dopo ciò, lo si giri il compasso fintanto che collo spigolo inferiore della sua faccia verticale, che prolungata passerebbe pel centro di rotazione, venga a lambire il punto D ; e si tracci la linea DG , che coinciderà col raggio passante per lo stesso punto, e quindi sarà normale ai due archi che formano i lati paralleli del quarto. Si ponga finalmente nel punto G il compasso a verga già predisposto, e con esso si descriva l'archetto OP , che interseccherà la linea ABC in H , e così verrà ad essere determinata la lunghezza del quarto. Prima di smuovere il pancone, e nel modo che si è fatto per la DG , si avrà la HI sul prolungamento del raggio, e nel trapezio mistilineo $GBHIED$ avremo il delineamento di un quarto della forma e delle dimensioni dedotte col calcolo.

Se tutti i quarti dovranno essere della medesima lunghezza, allora si ultimerà il modello sul tracciamento che ne abbiamo fatto: diversamente se dovranno combinarsi di varia lunghezza, bisognerà prima determinarli e disegnarli esattamente colla scorta del precedente paragrafo. Basterà per altro disporne uno soltanto, su del quale potranno modellarsi anche i piccoli.

§ 101.

Tracciato che si abbia accuratamente un quarto alla maniera insegnata nel paragrafo antecedente, si condurrà a compimento levandovi d'intorno le parti del legno esuberanti.

Si prendono a questo intento uno o due grossi coppi, come dimostrano le fig. 99 e 100 e vi si intagliano degli incavi, in cui si imposta e imbietta saldamente il pancone da lavorare. Poscia si troncano le fibre del legno superfluo con intaccature e incisioni, per poterlo istaccare a piccoli pezzi colla scure. Per seguire con precisione la traccia delineata si levano colla scure solamente le parti più grossolane, e si ripiglia il resto coll'accetta o colla pialla tonda.

Questa maniera di lavorare i quarti, sebbene comunissima, è però lunga, e spesso volte le intaccature si fanno troppo profonde, o si spaccano i panconi se per sorte sono un po' deboli: è quindi meglio adoperare la sega. In questo caso si colloca il pancone come alla fig. 101 colla sua faccia più larga sovra un banco qualsivoglia, e vi si assicura in modo da lasciar libera la parte che si vuol tagliare, per cui la sega possa percorrere senza inciampo tutto il contorno delineto, avanzandosi sempre in direzione quasi verticale. In tal guisa i quarti riescono regolari e perfetti, e vi è bisogno appena di ripulirli alla pialla.

I mugnai e i carpentieri quasi tutti trovano questo metodo di lavorare disagiato: il legnajuolo invece vi dimostra una attitudine che sorprende. Ai primi d'ordinario costa un travaglio grandissimo, e il lavoro procede lento e stentato, mentre l'ultimo opera con facilità e presto. Colla scure e coll'accetta succede precisamente il contrario. Con esse il mugnaio e il carpentiere lavorano speditissimi e con molta franchezza; e il legnajuolo se ne prevale quasi non mai, e se deve appena istaccare una grossa scheggia ricorre più volentieri alla sega. Ciò dipende dalla qualità stessa dei lavori di cui si occupa preferibilmente questo artefice. È opportunissimo poi lasciare che ciascuno operi cogli stromenti ai quali è abituato.

§ 102.

Il primo quarto condotto a compimento nel modo anteriormente dimostrato, serve di *campione*, o *modello* per gli altri. Vedesi disegnato separatamente nella fig. 102.

Con questo si tracciano tutti gli altri, sovrapponendolo successivamente ai panconi a ciò disposti, e lambendone il contorno con uno stile acuto.

Nello eseguire il tracciamento, si farà singolare studio di evitare che restino compresi nel corpo del quarto i nodi, ed altre parti guaste che casualmente si trovassero nel legno.

Se i panconi sono sani, cioè senza nodi ed altri difetti, il delinamento dei quarti, per risparmio di legname, può farsi nel modo indicato dalla

fig. 103. Ma se il legno ha difetti, è meglio consumarne alcun poco, anzicchè permettere che il guasto sia compreso in uno dei quarti. La parte sana di un pancone viziato, può benissimo adoperarsi, quando sia suscettibile di esserne artificiosamente cavata. Un caso somigliante è rappresentato colla fig. 104.

Quando i quarti di una ruota devono essere di due lunghezze, si dispone il campione di uno lungo, e su questo si regolano anche i corti.

La lunghezza de' quarti minori può con uguale facilità essere dedotta da quella de' maggiori, colle regole insegnate, e rammentando che la loro misura differisce precisamente di una divisione, ossia dell'intervallo compreso tra due palmette contigue, misurato da centro a centro.

Gli altri quarti si lavorano tutti sui modelli predisposti alla maniera descritta nell'ultimo paragrafo. La fig. 105 rappresenta i quarti ricavati dal pancone fig. 103.

Tagliando i quarti, si badi a non scortarli troppo. Questa è una cautela da aversi nel delinearli. È sempre meglio tenerli alquanto lunghetti che troppo corti, perchè poi nel congegnarli se crescono si può sempre tagliare il dippiù: se mancano invece, diventano inservibili.

§ 103.

Apparecchiati i quarti, si procede a congiungerli. Si porti sul banco un quarto *A* (fig. 106) e si distenda tra i balaustini sporgenti dalle braccia, in modo che ricada appuntino nella posizione determinata dalle aperture di compasso con cui fu tracciato. Medesimamente si faccia coll'altro quarto *B*, e questo si accosti al primo e si sospinga a combaciarsi con tutta la forza compatibile. Siccome le giunture generalmente non si stringono addosso colla forza che dovrebbero, perciò si pareggiano ricercando la commessura con un gattuccio o picciol sega a mano, e risospingendo nuovamente e con energia il quarto *B*. Questo si ripete quante volte abbisogna, sostituendo anche al gattuccio una sega di lama più sottile se si trova opportuno, fintantochè le giunture serrino siffattamente da figurare una esile fessurina. Questa connessione dei quarti margine a margine, è un vero combaciamento.

Dopo di avere per tal modo collegati i primi due quarti, se ne sovrappone loro un terzo *C* (fig. 107) per formare il secondo piano, disponendolo artatamente a misura di compasso, ed assicurandolo bene ai quarti *A* e *B* colle morsette a grappa, o *sergenti b*.

Nello assestare i quarti *C*, si tenga per regola che le loro giunture devono riescire precisamente nel mezzo della lunghezza de' quarti costituenti il piano sottoposto, cosicchè si divide il quarto *A* in due parti eguali, e se le circostanze già da noi altrove accennate non esigono diversamente, il quarto *C* si comincia a situarlo sulla metà.

Fu già detto al § 99 che la congiunzione dei quarti deve essere studiata in relazione al numero delle palmette, dei denti e dei fusi assegnati alle ruote. Dalle cose ivi accennate quindi, e colla ispezione delle analoghe figure, si comprenderà facilmente che i cerchi, o le corone composte di tavole addoppiate, dovranno avere le giunture, o le teste dei quarti di uno strato sul mezzo preciso della lunghezza di quelli dell'altro strato, quando il numero dei compartimenti è pari; e quando esso numero sia dispari, le giunture di uno strato vanno tutte rinculate pel tratto di una mezza divisione dalla metà de' corrispondenti quarti dello strato contrapposto. Questa regola vale tanto per le ruote dentate tramezzate da un paio di cavicchie ad ogni due denti, quanto per le ruote d'acqua con due coppie di cavicchie ogni due palmette. Se poi queste ultime ruote avessero tre coppie di cavicchie tra due palmette, e queste siano dispari di numero, le giunture de' quarti dello strato superiore si rinculeranno dalla linea di mezzo di quelli di sotto, solamente di un sesto della lunghezza equivalente ad uno dei compartimenti delle palmette.

Ciò presupposto, non sarà difficile a regolare con giustezza il quarto *C*. E conoscendo quante paja di cavicchie sono da interporli ad ogni due palmette o denti, si potrà determinare apeditamente anche la distanza reciproca delle cavicchie stesse: questa distanza dimezzata, segnata ai margini delle giunture, dinoterà i punti *c* in cui vanno situate le cavicchie più vicine alle teste dei quarti: ivi si forano i quarti, e s'incavigliano nel modo che verremo dimostrando distesamente nel seguito; e i quarti *A, B, C* cominciano a costituire un sistema solo. Allora si possono levare le morsette.

Si congiunga un altro quarto *D*, fig. 108, a quelli della falda inferiore; si calibri il compasso, si assicuri tra i balaustri e si tagli come fu insegnato poc' anzi, finchè combaci esattamente col quarto *B*. Indi si ponga il secondo quarto *E* (fig. 109) della falda superiore, si fermi egualmente che si è già fatto contro l'inferiore colle morsette, s'intesti col quarto *C*, e s'incavicchi alle giunture: così saranno combinati i cinque quarti *A, B, C, D* ed *E*.

Si continui di tal maniera, ponendo sempre prima un quarto di sotto, poi uno di sopra, applicandoli a combaciamento, e incavicchiandoli alle giunture finchè si abbia compita la corona. La fig. 110 ne rappresenta una

consegnata e incavicchiata nel modo che abbiamo insegnato. Le lettere che vi sono scritte seguono l'ordine che si è tenuto nel riunire i quarti che la compongono.

Se i quarti sono tutti ugualmente lunghi, ed il primo della falda superiore sia stato adattato con precisione sul primo di sotto, anche gli altri devono sicuramente incontrar giusto. Ma siccome può succedere nell'intestare i quarti di ridurli o troppo lunghetti, o troppo corti, così converrà rimisurarli spesso, affinchè se mai si commettesse uno sbaglio, non si abbia a riprodarlo, o ingrandirlo, ma si possa correggerlo sui quarti che seguono.

Dovendo farsi la corona con quarti di diversa lunghezza, si cercherà di alternarli nella prima falda con quella maggiore uniformità che sarà possibile: così per esempio se saranno tre lunghi e tre corti, si avvicenderanno sempre, uno lungo ed uno corto; se saranno sei lunghi e due corti, si porranno tre lunghi ed uno corto. Se il numero non fosse equamente ripartibile, come sarebbe per supposto se cinque fossero lunghi e due corti, bisognerebbe porne tre lunghi ed uno corto, indi i due lunghi e l'altro corto. — Incominciando la seconda falda con esattezza, lo scambio de' quarti lunghi e corti seguirà naturale, purchè si mantenga la regola di unire le teste de' quarti superiori sul mezzo degli inferiori, od a quella distanza che abbiamo insegnato secondo la diversità delle circostanze. — Nel caso che i quarti non sieno tutti di una sola lunghezza, bisognerà studiare eziandio a distribuire le braccia in modo che nessuno incontri nelle giunture.

Quando occorra di risegare le teste dei quarti della falda superiore per ridurli a combaciare a filo, si potrà la massima diligenza onde intagliarli per quanto sono alte, senza ledere però la fascia di sotto.

In quella stessa maniera che le corone si fanno a due ordini di quarti sovrapposti, potranno farsi anche a tre, se si vuole, colla sola differenza che le giunture dei quarti si alterneranno ad un terzo, laddove nei primi si alternavano alla metà.

§ 104.

Alcuni nella unione dei quarti seguono quest'altro metodo; pongono primieramente un quarto *A*, fig. 111, e lo assicurano, come si è visto, tra i balaustrini del banco. Su di esso ne adattano due altri *B* e *C*, li collegano internamente colle morsette, indi li intestano ed incavicchiano. Dopo capovolgono sul banco i pezzi riuniti, li calibrano col compasso, e vi aggiungono i quarti *D* ed *E* (fig. 112) che costringono e incavicchiano del paro. L'operazione continua ripetendo il processo indicato fino al compimento della corona.

Questo metodo è meno raccomandato dai costruttori, in confronto dell'altro che abbiamo esposto nel paragrafo antecedente. Il ribaltamento delle corone e dei cerchi, massime se sono di molta dimensione, richiede tempo e forze: si dura fatica a calibrare il pezzo, e non di rado ne risultano anche dei piccoli difetti. Inoltre il pezzo di corona finito, segnatamente se già supera la metà di tutto il suo giro, avendo soltanto le giunture debolmente collegate, non ha ancora la stabilità necessaria per reggere senza pericolo di sconcerto agli sforzi che deve provare in questa manovra; cosicchè avviene facilmente che si disloghi, o si spezzi qualche cosa.

Col metodo dimostrato nel paragrafo antecedente, la corona rimane stazionaria, e serrata tra balaustri non solo fino alla completa unione dei quarti, ma ben anco fino a che si abbia terminato di incavicchiarli perfettamente. Succede spesso che uno dei quarti della falda inferiore poggi con sola una testa sul banco, e resti l'altra in accolto: in tal caso si puntella con un toppe, o con un cavalletto che a questo fine si tiene in pronto, e che può levarsi tosto che sia stato collegato il quarto superiore.

La regola che abbiamo insegnato per la disposizione dei quarti e lo studio da usarvi, non saranno mai di soverchio, sebbene a dir vero non si ravvisi seguita nella costruzione di tutte le ruote. La non curanza a questo proposito riteniamo che sia una delle forti ragioni per cui una ruota idraulica, la quale potrebbe lavorare una quindicina, o ben anche una ventina d'anni, non regge più di otto o dieci, come pur troppo si verifica quasi sempre.

Immaginiamo una ruota, con due o più palmette cadenti nelle giunture, come si vede alla fig. 113 in *A*, oppure una ruota dentata come quella rappresentata dalla fig. 144, nella quale la giuntura *B* succede tramezzo a due denti. Nel primo caso tutta la ruota è abbandonata alla resistenza dei quattro o cinque centimetri che rimangono di spessore al quarto nel sito in cui si incastra la palmetta; e nel secondo la grossezza della spalla *B*, già piccola per sè stessa, resta dimezzata, dippiù quivi non possono mettersi le cavicchie. Ruote con difetti così segnalati, non possono fare molta durata. Degli errori di questo genere se ne osservano continuamente nelle ruote di cattiva costruzione.

In quanto alle morsette che si adoperano per stringere i quarti di sopra con quelli di sotto, all'atto di unirli, noteremo ancora, che quelle fatte di legno sano, robusto e di buon taglio meritano di essere preferite a quelle di ferro, allorquando queste ultime per troppa economia non sieno delle dimensioni convenienti. La fig. 115 rappresenta una morsetta di legno, e la fig. 116 una di quelle di ferro, quale si richiede per essere im-

piegata con buon esito. Le morsette che si fanno con regoletti di ferro semplicemente ripiegate, come alla fig. 117, non resistono allo sforzo dei cunei che si conficcano per fare che i quarti si combacino.

La fig. 118 indica in qual modo si devono forzare i cunei tra i quarti ed una delle bocche del morsetto: nell'altra si incastra pure un pezzetto di legno, per impedire quell'ammaccatura che potrebbe produrre lo stringimento. Quest'ultima precauzione è necessaria più colle morsette di ferro, che non con quelle di legno.

Invece dei morsetti, o sergenti a grappa da stringere con cunei, si possono adoperare dei sergenti a vite nel modo che è indicato dalla fig. 119, i quali devono essere robusti, di buon legname, e lavorati con accuratezza. Con questi si risparmia tempo e lavoro. — Il legnaiuolo ne fa uso quasi esclusivamente e con distinto vantaggio.

§ 105.

Dopo che si avrà congegnata la corona di una ruota tenendo dietro alle istruzioni date al § 103 si terminerà di suechiarla e incavicchiarla, distribuendo e segnando preliminarmente la precisa situazione di tutte le cavicchie. A questo fine, con una matita, o con un chiodo, od altra cosa consimile, che si applicherà al braccio libero del compasso, si conducano le linee circolari $a, b, c, d \dots m, n, o, p \dots$ fig. 120, sulle quali devono ripartirsi le cavicchie: il numero delle medesime sarà conosciuto, quando sia determinato quello delle palmette, o dei compartimenti dei quarti: le divisioni corrispondenti si contrassegneranno sopra una delle due linee circolari, ed a preferenza sulla esterna. In seguito, servendosi del compasso si tracceranno le linee α, β colle quali verranno ad essere determinati anche sull'altro circolo $m, n, o, p \dots$ i punti in cui devono inserirsi le cavicchie.

Comunemente le cavicchie si fanno con legno di rovere sano e di buon taglio: per le ruote d'acqua però, si fa uso anche del pino. Secondo la larghezza dei quarti, si tengono grosse, d'ordinario da due a tre centimetri, e delle stesse dimensioni si fanno anche i buchi che le devono ricevere. Per ottenere le cavicchie di misura precisa, si lavorano con un modano, fig. 121, il quale è appena un pocolino più largo dei fori, e si riducono con esso a perfetto calibro. Con questa pratica si schiva di farle troppo grosse, con pericolo nello sforzarle di spezzare i quarti; o di farle troppo piccole, e per conseguenza deboli e disadatte a tener in sesto la ruota. Il legname delle cavicchie deve essere di ottima stagionatura, anzi sarà bene, dopo averlo tagliato e prima di dar l'ultima mano al lavoro, metterlo a seccare al sole o nel forno.

Avendo detto che le caviglie non devono essere più grosse dei buchi dove vanno inserite, si rileva parimenti che non potranno esservi costrette a forza, quindi dopo averle conficcate, perchè abbiano a serrare convenientemente, si dovranno inzeppare. Nell'applicare le zeppe, si avrà la cura di metterle in modo che lo sforzo delle caviglie sia diretto nel verso della lunghezza dei quarti, come nella fig. 122. In conseguenza di ciò sarà opportuno quando si eseguisce il succhiellamento, di tenere i buchi qualche cosa più larghetti dalla parte indicata, calcando studiatamente il succhio all'atto di girarlo. I quarti incavigliati a questo modo, presentano in sezione la fig. 123. Per introdurre la zeppa, si fende la testa della caviglia col gattuccio, indi si avvia collo scalpello. Tanto a conficcare le caviglie, come le zeppe, si tiene a contrasto dietro la corona, e precisamente dove si batte, la bocca di un'ascia, o di un grosso martello, perchè in tal modo entrano meglio.

Più facili ad essere impiegate, e migliori per inzeppare le caviglie sono le zeppe appuntate (fig. 124). Si mette la loro punta in mezzo alla testa della caviglia, in modo che gli spigoli riescano rivolti precisamente dalla parte indicata colla fig. 125. In questo caso non occorre avviarli collo scalpello. — Le zeppe convien farle a sezione romboidale, o mandorlata, e disporle e conficarle secondo è dimostrato dalla fig. 126.

Ci rimane ancora da osservare, che nelle ruote, le quali non si possono montare intiere sull'albero, come sono la massima parte di quelle ad acqua, le caviglie *a, b* e *c, d* (fig. 110) che corrispondono alle teste di due quarti diametralmente opposti, non bisogna inzepparle, per avere agio di sconficarle, e scomporre la corona in due pezzi: anche queste però si inzepperanno stabilmente tosto che la ruota sarà montata definitivamente.

Dopo di avere compiuto l'incavigliamento della corona, e di avere imbiettate le caviglie d'ambe le teste, si piallerà per ridurla perfettamente piana e liscia, nè rimarrà a compirla che di inserirvi le palmette, o i denti, o i fusi, a seconda della sua qualità.

§ 106.

La migliore maniera di congegnare i quarti tra loro, è quella di unirli con viti invece di caviglie: essa fu adottata in molti luoghi con vero vantaggio, e quindi merita di essere distintamente e minutamente descritta.

Occorre a quest'uopo un buon foratojo, il quale consiste in un maschio *A* (fig. 127) con una madre vite *B*. Vi vuole esandio un apposito

succhiello, ed altri piccoli pezzi che faremo conoscere nel discorrere del loro uso.

Le viti si fanno lunghe mezzo metro in circa, di legno compatto, il quale si taglia a bello studio in bastoni della divisata lunghezza, e si riduce alla grossezza opportuna. Il legname ancora grezzo, od appena digrossato conviene tenerlo qualche tempo al sole, od in una stufa riscaldata, perchè asciughi bene, o per meglio dire stagioni e dissecchi. Dopo ciò i bastoni si ritondano, riducendoli alla forma cilindrica con diametro uguale a quello della vite misurata sull'esterno della spira, o dei *pani* che dipendono dalle dimensioni del foratojo. A questo effetto si adopera un modano *C* fatto a misura del foratojo. Questi bastoni cilindrici si smentano da un capo come nella fig. 128 per poterli piantare dentro un incavo che si fa appositamente nel banco o in un toppo.

Ordinata ogni cosa in simil guisa, si sovrappone al cilindro la madre-vite *B* e si gira e stringe fino a che sia compintamente fabbricata la vite. La fig. 129 rappresenta una vite mezzo intagliata, colla madre-vite tuttavia infilata, e la fig. 130 è una vite compita.

Prima di mettersi a congegnare i quarti, si prepara quel numero di viti che si reputa necessario, e che non è difficile da calcolare.

Le femmine nei quarti si invitano a questo modo: si apre il foro con un succhio di dimensioni regolate precisamente sul nucleo della vite senza *pani*, si applica il maschio al medesimo, e si sforza ad entrare facendolo girare coll'impugnatura *D*. Quest'ultima deve potersi levare, onde non vi sia bisogno di far retrocedere il maschio; perchè oltre al perditempo, potrebbe anche guastarsi la femmina. Quando il maschio è passato, si cava per disotto, e la femmina è finita.

Avendo predisposto il necessario numero di viti, prima di dar mano a commettere i quarti, si comincia a succhiellare e invitare i fori, indi si stringono mano mano le viti colla stessa impugnatura *D*, o con altro acconcio artificio, finchè trapassino disotto. Allora si recidono con sega a mano rasente alla superficie del quarto, e il pezzo che avanza si adopera pel foro vicino, cosicchè secondo la grossezza dei quarti una vite può bastare per due o tre fori.

Si vede facilmente che due quarti commessi nel modo indicato in sezione dalla fig. 132 non potranno mai slogarsi, per cui non vi è la necessità quivi di ricorrere all'uso delle zeppe. Si ha poi anche il vantaggio, non recidendo le viti, di poter disfare quando che piaccia la corona e ricomporla colla medesima stabilità di prima e con facilità somma.

Le ruote connesse con sole caviglie inzeppate, hanno bisogno specialmente quando invecchiano di essere rinforzate con viti di ferro e con allacciature, cosa che non succede congegnandole con viti, perchè queste non si allentano mai.

Una volta che l'artigiano si sia addomesticato con siffatto genere di lavoro, vi impiega un tempo pressappoco uguale a quello necessario per eseguire regolarmente l'incaviechiatura colle zeppe. La preparazione delle viti non è tanto faticosa come potrebbe farla supporre la descrizione. Quando sieno apparecchiati i cilindri, i quali non esigono maggior tempo di quello che occorre a disporre le caviglie usuali, un lavoratore è in grado di tagliare in un giorno le viti per tutta una ruota.

Questo metodo di collegare i quarti, alcuni costruttori tedeschi lo applicarono con buon risultamento alla composizione delle armature e dei coperti che si eseguono con semplici tavole secondo gli insegnamenti del Gilly, i quali si possono studiare nelle seguenti sue opere:

Sulla invenzione, struttura e prerogative dei coperti fatti con tavole; Berlino, 1797.

Istruzione sul modo di applicare i coperti di tavole alle fabbriche economiche e specialmente alle abitazioni rurali; Berlino, 1801.

Manuale di architettura rurale.

§ 107.

Le braccia delle ruote, le quali collegano le corone all'albero, possono essere applicate a quest'ultimo, o travertandolo, od allacciandolo. Tre sono le maniere principali, secondo che le braccia si dispongono a *croce*, a *stella* od a *squadro*: nelle prime due le braccia traforano l'albero, nella terza lo afferrano tangenzialmente.

La fig. 133 rappresenta l'unione delle braccia a croce ed il modo con cui sono infitte nell'albero; e la fig. 134 mostra le due braccia separate. Ciascheduna di esse ha un incastro a mezza grossorza, cosicchè congiungendole costituiscono una superficie unita, e quando sieno inserite nell'albero, e le aperture che ricevono le braccia non sieno troppo grandi, non potranno venire disgiunte.

Per poter intrudere queste braccia nell'albero, bisogna che una delle aperture sia lunga una metà più dell'altra, come lo indica in sezione la fig. 135, dove *a* è l'apertura piccola e *b* la grande. Si vede facilmente che se un braccio è infitto nell'apertura piccola, in modo che l'incastro corrisponda all'altra apertura grande, l'altro braccio potrà scorrere sul primo

e venire entrambi ad essere collegati tra loro. Dietro all'ultimo braccio si infigge un cuneo, il quale tura la parte vuota dell'apertura ed impedisce al braccio di retrocedere: nello spaccato fig. 136 è delineato ciò che abbiamo quivi descritto.

Una ruota con braccia a croce comunemente è detta *ruota a crociera*.

Se tre sono le braccia che attraversano l'albero, e sono tra loro congiunte, giusta la fig. 137, le braccia si dicono *a stella*, e la ruota con siffatte braccia dicesi *ruota a stella*: non bisogna però confonderla colle ruote stellate a denti, di cui abbiamo indicato altrove i distintivi. La figura 138 dimostra le tre braccia separatamente, ed il modo con cui vanno intagliate.

Se le braccia dovranno commettersi tutte da una stessa parte, come si fa quasi sempre, allora (vedasi la fig. 139 la quale rappresenta lo sviluppo di una metà del contorno dell'albero) una delle aperture avrà la larghezza stessa di una delle braccia; la seconda un terzo, e l'altra due terzi di più della larghezza medesima: facilmente poi si può figurarsi il modo di inserire le braccia l'una dopo l'altra, congiungerle insieme, e incunearle fermamente. Le braccia però possono commettersi anche da parti opposte e questo è il caso della fig. 140; allora la prima apertura si tiene da un lato un terzo più grande della larghezza delle braccia; la seconda si fa uguale, e la terza si fa anch'essa maggiore di un terzo, ma dal lato opposto alla prima.

La fig. 141 rappresenta la combinazione delle braccia sovrapposte all'albero, conosciute col nome anche di *braccia all'olandese*, e ciascun braccio disunito. Anche questi sono intagliati a mezza grossezza, cosicchè quando sono riuniti formano un piano continuato. I disegni lo indicano chiaramente, per quanto crediamo, quindi osserveremo solo, che l'intelaiatura delle braccia non converrà montarla serrata immediatamente contro l'albero, sia per lasciar agio a interporvi dei cunei per stringerla più fermamente, come anche per poter ismontare con facilità la ruota dall'albero ad ogni occorrenza.

Le braccia che attraversano l'albero lo indeboliscono molto, segnatamente se sono disposte a stella: le braccia all'olandese invece si può dire che lo fasciano e lo fortificano; esse però costituiscono un sistema che non è della massima fermezza: ma siccome è più facile corroborare con artifizio una ruota, e renderla consistente, di quello che trovare continuamente degli alberi abbastanza validi e robusti, perciò l'ultimo sistema è quello da preferire.

Nelle ruote grandiose si aggiungono anche delle braccia ausiliarie e delle traverse di contraffortio, delle quali parleremo presentandosi l'opportunità.

La grossezza e la robustezza delle braccia, il modo di congiungerle alle corone, la loro scelta e quelle altre considerazioni che le riguardano si tratteranno successivamente.

CAPO OTTAVO

Costruzione delle ruote idrauliche.

§ 108.

Le considerazioni relative all'altezza delle ruote a palmette le abbiamo di già esposte al § 58. Abbiamo altresì dimostrato al § 47 che la superficie delle palmette è espressa da $f = \frac{M}{v}$, e quindi la lunghezza loro necessaria, ossia la larghezza netta della ruota è $l = \frac{f}{b} = \frac{M}{bv}$, ossia facendo

$$v = \frac{1}{2} c, \text{ sarà } l = \frac{2M}{bc}, \text{ dove}$$

M , è la quantità d'acqua che sgorga in un secondo;

c , la sua velocità;

v , la velocità con cui si muovono le palmette;

f , la superficie
 l , la lunghezza
 b , la larghezza } delle palmette.

Nello stesso luogo si è soggiunto altresì, che chiamando h l'altezza dovuta alla velocità, risulta $c = 4,4292 \sqrt{h}$, e si è data una tabella dei valori di c compresi tra $h = 0,30$ ed $h = 2,00$.

La larghezza delle palmette si regola secondo le circostanze assai diversamente: infatti nelle ruote a cassette molto alte, si tiene di 23 a 25 centimetri; nelle mezzane di 25 a 30; in quelle basse, come anche nelle ruote a doccia arcuata di 28 a 30; nel caso di arcature basse e di doccie piane, le palmette si praticano larghe dai 30 ai 40 centimetri: cosicchè può ritenersi per principio che la loro larghezza è in certo modo proporzionale alla quantità dell'acqua. — È però bene avvertire che la larghezza che si considera nelle ruote a cassette, e che noi ritenendo la comune denominazione abbiamo detta larghezza delle palmette, è propriamente la larghezza dell'anello, ossia del profilo della corona.

Anche per determinare la distanza delle palmette non vi sono regole precise. Se sono troppo distanti lasciano soverchio distacco tra la ruota e il fondo della doccia, e se sono fitte, occupano troppo spazio, ossia, secondo il volgare linguaggio, l'acqua non trova sito tra loro. La distanza

delle palmette pertanto si regola comunemente fra i limiti di 28 a 45 centimetri, e propriamente quasi colle stesse relazioni che servono a determinare la loro larghezza, vale a dire che è maggiore, o minore in ragione diretta della quantità dell'acqua. Tenendo per principio la larghezza delle palmette superiormente assegnata, si potrà usualmente desumere la spaziaggiatura, o distanza reciproca, aumentando di cinque centimetri quella misura fondamentale. La spaziaggiatura poi s'intende presa sul contorno primitivo, da mezzo a mezzo di ogni palmetta.

Da ultimo poi, quando si conosce il diametro della ruota, e la spaziaggiatura delle palmette, non è difficile trovarne il numero, o viceversa. Infatti si chiami

D il diametro medio della ruota;

t la spaziaggiatura, ossia l'intervallo reciproco delle palmette;

a il numero delle medesime.

Dal § 55. si ha

$$D = \frac{at}{a}; \text{ quindi}$$

$$1.^{\circ} \quad a = \frac{D}{t} = 3,14 \frac{D}{t}, \quad e$$

$$2.^{\circ} \quad t = \frac{D}{a} = 3,14 \frac{D}{a}.$$

APPLICAZIONE 1.^a

Una ruota ad acqua del diametro medio di met. 5,00 deve avere le palmette a distanza di 39 centimetri; si cerca il numero delle palmette?

Abbiamo $D = 5$, e $t = 0,39$; quindi il numero delle palmette sarà per la formola 1.^a

$$a = 3,14 \cdot \frac{5,00}{0,39} = 40.$$

Se il calcolo presentasse dei rotti, questi si trascurano e la ragione è ovvia.

Per poter inserire le braccia conforme alle migliori regole dell'arte, è necessario che il numero delle palmette sia divisibile per quello delle braccia medesime, dovendo ciascun braccio riescire tramezzo a due palmette. Il numero delle palmette, avuto col calcolo testè eseguito, sarebbe quindi opportuno per una ruota a quattro braccia, od a croce. Ma se si volesse fare a stella, ossia con sei braccia, bisognerebbe scegliere il numero più prossimo di palmette, che si conformi alla regola, ossia nel caso nostro

il 42: allora la spaziatura delle palmette cambia alcun poco senza però che ne derivino conseguenze notabili.

APPLICAZIONE 2.^a

La stessa ruota già considerata, col diametro medio di 5 metri, deve portare 42 palmette: si domanda la misura dello spaziamento, ossia l'intervallo da una palmetta all'altra?

Sono dati $D = 5,00$, ed $a = 42$; perciò dalla formola N.^o 2 avremo

$$t = 3,14 \cdot \frac{5,00}{42} = 0,374 \text{ prossimamente,}$$

vale a dire circa 15 millimetri meno di quanto si era stabilito nella applicazione antecedente.

Molti autori, e gran parte dei pratici, usano denominare le ruote ad acqua dal numero delle palmette di un quarto del contorno; cosicchè una ruota da nove palmette equivale per essi ad una che ne abbia effettivamente trentasei. Egualmente se la ruota ha sei braccia, l'arco compreso tra due contigue, ossia il sesto del contorno, viene detto ancora quarto sebbene assai impropriamente, e quando si discorre di una ruota da 8 palmette fatta a stella, si vuole intendere una ruota fornita in complesso di 48 palmette.

Queste sono espressioni da sbandire, perchè possono facilmente generare confusione, e non giovano a rendere il discorso più chiaro, nè più conciso.

§ 109.

La direzione delle palmette non è argomento da lasciare inconsiderato, avendo dimostrato l'esperienza, come possa contribuire a rendere più efficace e vantaggiosa l'azione dell'acqua sulla ruota, purchè si abbia il giudizio di scegliere ogni volta quella che sarà stata riconosciuta la più acconcia alla natura del salto, e di tutte le altre circostanze che possono interessare l'impianto del mulino.

Se la doccia è a piano inclinato, o leggermente incurvata, si mettono le palmette sul prolungamento dei raggi, come nella fig. 142. Alcuni però pensano che sia meglio inclinarle nel modo indicato colla fig. 143; altri all'opposto vantano la direzione rappresentata dalla fig. 144. È certo che entrambe queste due ultime maniere di disporre le palmette non potrebbero offrire risultamenti ugualmente vantaggiosi; è però vero altresì che secondo le diverse circostanze può meritare or l'una, e quando l'altra di essere preferita. — In una corrente viva, la quale incontri le palmette con

velocità notevole, e che dopo la ruota vi sia una pendenza adeguata, potrà essere opportuna la disposizione disegnata nella fig. 143; in un'acqua di corso assai lento invece, la quale percuote le palmette con poca velocità, ed abbia tardo scolo, tornerà più confacente la disposizione indicata colla fig. 144. La prima infatti impedisce all'acqua di sfuggire troppo precipitosa dalle palmette; l'altra corregge l'opposto difetto delle ruote, chè pescando eternamente non sollevino tropp'acqua.

Nessuno dei ricordati due metodi di assestare la palmette può tenersi per norma invariabile. Siccome poi di rado le circostanze relative alla costituzione di una ruota idraulica rimangono costanti, così è buona regola, per non passare agli estremi, di disporre le palmette sulla linea del raggio, quando le docce sono piane, e quando sono arcuate di inclinarle alla maniera che verremo dimostrando. Nei casi straordinarij, come sarebbe per esempio se una doccia piana avesse molta discesa, si può usare la fig. 143, o se i ringorghi sono lunghi e frequenti, allora si scoglierà la fig. 144.

Le palmette dirette sulla linea del raggio, sarà opportuno che abbiano lo spigolo posteriore alquanto smussato, perchè così immergendosi spartiranno l'acqua più bene, ed emergendo ne alzeranno poca.

Nelle ruote a doccia arcuata è molto meglio incurvarle, o piegarle le palmette in proporzione all'altezza dell'arco. Il Neumann per determinare la direzione delle palmette propone questa regola (1). Sieno (fig. 145) *A* e *B* due pezzi di ruota a cui si devono applicare le palmette, coll'avvertenza che la prima è per una doccia arcuata dell'altezza di 90 centimetri, e la seconda deve girare in altra doccia alta il doppio. Tanto un pezzo che l'altro poi appartengono a ruote del raggio di met. 2,40.

Si cominci a tracciare il cerchio primitivo, ossia la linea intermedia parallela ai due archi che determinano il contorno interno ed esterno della corona, e si prendano su di essa gli intervalli delle palmette *a, a', a''*; si cerchi il rapporto numerico tra il raggio della ruota, e l'altezza dell'arcatura della doccia, indi si divida il compartimento *a-a'* in tante parti quante sono quelle comprese nel raggio, e quindi nel nostro caso in otto. Partendo da *a*, si prenda un numero di parti equivalenti a quelle contenute proporzionalmente nell'altezza dell'arcatura, ossia tre per la ruota *A*, e sei per la *B*; si fissi così il punto *b* e si conducano le linee *c-d* in direzione al raggio. Nella partita rappresentata da *A* si congiunga il punto *a* coi punti *c* e *d*, e si avrà la direzione delle due parti che costituiscono la palmetta. Nella partita *B* invece, dove l'angolo *c-a-d* diventerebbe acuto, ossia minore di un retto,

(1) *Archit. dei mulini*, § 111.

Lm. I.

ac è la direzione della parte anteriore della palmetta; la parte posteriore af si colloca ad angolo retto colla prima, e l'intervallo fd si chiude con una specie di fondo.

Collo stesso principio sono state tracciate le palmette delle fig. 146, 147, 148 e 149, dalle quali si scorge che l'angolo formato dal concorso delle due parti della palmetta, nelle arcature basse è molto ottuso, e in quelle elevate, si avvicina sempre più all'angolo retto, fino a raggiungerlo. A questo punto l'angolo non si deve impicciolire ulteriormente, ma si conserva retto, e si comincia ad aggiungervi il fondo che abbiamo detto, il quale aumenta di larghezza a misura che diventa più alta l'arcatura; e quando questa perviene ad uguagliare il raggio della ruota, allora si munisce di fondo continuato e compito.

Una regola consimile si trova nell'idraulica di Eytelwein, § 126. — Il vantaggio di regolare le palmette delle ruote col metodo di Neumann è comprovato dalle pregevoli sperienze riferite nel Trattato delle macchine di Nordwall (1).

§ 110.

Nelle ruote di fianco l'intromissione dell'acqua succede in un punto che resta più elevato del centro della ruota, e quindi la linea dello spezzamento, ossia del concorso delle due parti della palmetta si prende ai $\frac{2}{5}$, o ad $\frac{1}{3}$ della larghezza della corona, misurando dall'interno all'esterno, come dimostrano le fig. 150 e 151.

Noi di qui innanzi per maggiore chiarezza e brevità di discorso nelle palmette spezzate chiameremo *palmetta anteriore* la parte esterna, e *palmetta posteriore* la parte interna.

Per trovare la posizione della palmetta anteriore, insegna il Neumann (2) di prendere $\frac{2}{5}$, od $\frac{1}{3}$, o tante quote parti dell'intervallo tra due palmette, computata anche la grossezza loro, quante sono le parti che determinano la distanza della linea dello spezzamento dal lembo interno della corona, indi con tale larghezza, fatto centro in a si descrive l'arco pqr , a cui dal più prossimo punto di divisione si tira una tangente, e questa determina la posizione $a'b$ della palmetta anteriore.

La palmetta posteriore $a'o$ si fa quasi sempre perpendicolare alla prima, perchè così l'acqua che entra nella ruota rimbalza meno contro il fondo,

(1) Nordwall, *Trattato delle macchine*, vol. I, § 445 e seg.

(2) Opera cit. § 112.

cosa che è sempre dannosa alla stabilità della ruota. — Inoltre, come osserva Eytelwein, l'unione delle due parti della palmetta ad angolo retto riesce più facile e più robusta. Alcuni la dispongono anche sulla direzione del raggio (1). Finalmente si condurrà la linea dello spezzamento a $\frac{2}{5}$ della larghezza della corona, e per determinare la direzione della palmetta si prenderanno $\frac{2}{5}$ dell'intervallo tra due di esse per raggio dell'arco pqr , nel caso di acque abbondanti, e si terrà la proporzione di $\frac{1}{3}$ se le acque sono scarse, come avviene quasi sempre.

§ 111.

Quivi torna a proposito di far conoscere un nuovo organo idraulico di cui fu arricchita l'industria due lustri or sono dal sig. *Poncelet* e che egli rese di pubblica ragione con una ben elaborata Memoria inserita in diversi giornali scientifici, la quale nel 1825, dall'accademia reale delle scienze di Parigi, fu giudicata meritevole del premio di meccanica fondato dal sig. de Montyon (2). Nelle considerazioni preliminari di questa Memoria è asserito che le ruote a palmette usuali non danno che $\frac{1}{4}$ od $\frac{1}{5}$ dell'effetto che si otterrebbe a regolare con giusto metodo l'uso dell'acqua. Per aumentare l'azione delle ruote il Poncelet propone: 1.° di incastrare delle palmette ricurve tra le due corone, le quali formino col contorno esterno della ruota un angolo piccolissimo, e che siano sempre meno inclinate verso il raggio della ruota; 2.° di situare la paratoja obliquamente per disotto, e vicinissima alla ruota. La fig. 303 rappresenta il profilo di questa ruota. Il metodo insegnato dall'autore per determinare la curva delle palmette è il seguente: Sia Ab la lunghezza di un raggio qualunque: si fissi la larghezza della corona, la quale non deve mai essere minore del quarto dell'altezza della caduta totale: indi si tiri la bo la quale faccia colla Ab un angolo di 10 gradi all'incirca, cosicchè sia $ebo = 10^\circ$, e si prenda il punto o alla distanza di $\frac{1}{7}$, od $\frac{1}{8}$ della larghezza della corona, sul suo contorno interno. Da questo punto o si descriva col raggio ob l'arco bm ; questo esprimerà la curvatura delle palmette della ruota. Il numero

(1) V. Eytelwein, *Man. cit.* § 179. — Gerstner, *Man. cit.* vol. II, § 300.

(2) V. *Bulletin de la société d'encouragement pour l'industrie nationale*, 1825 e 1826. *Annales des Mines*, 1825 e 1826.

Annales de Chimie et de Physique, tom. XXX; Paris, 1825.

Mémoire sur les roues hydrauliques à aubes courbes, mues par-dessous, suivi d'expériences sur les effets mécaniques de ces roues; Metz par Thiel, 1827, 2 édition.

delle palmette si determina coi principj già additati (§ 108): quindi nelle ruote di 4 o 5 metri di diametro, se ne potranno prendere da 36 a 40. Il Poncelet dalle sue ricerche conchiude, che la quantità di azione, di cui è suscettibile una ruota a palmette ricurve, nelle cadute di 0,80 ai due metri, non è mai minore di 0,60, e spesso fiata arriva perfino a 0,67 della quantità di azione che corrisponde alla caduta totale, ossia all'altezza dell'acqua nella conserva, dal suo livello superiore, fino al punto più depresso della ruota.

Nell'immaginare la sua ruota il Poncelet mise a profitto tutti i perfezionamenti suggeriti infino allora dagli idraulici intorno a questo genere di macchine.

Questi perfezionamenti consistono principalmente, come sappiamo, a dare alle ruote non meno di ventiquattro palmette, e queste inclinarle di 15 a 30 gradi col raggio; fare che peschino in acqua $\frac{1}{4}$, od $\frac{1}{3}$ al più della loro altezza, e finalmente ad applicare degli orli sui loro lembi laterali di cinque ad otto centimetri di sporto.

Alcuni autori propongono eziandio di impiegare delle palmette leggermente concave parallelamente all'asse; altri le formano in due linee spezzate, come insegnammo anche noi colla scorta del Neumann e dell'Eytelwein. Il Fabre prescrive di formare un gradino, e di allargare la doccia sotto l'asse della ruota per facilitare lo sfogo dell'acqua, ed aumentare la sua forza impellente; finalmente da qualche anno fu suggerito di dare ai fianchi della cateratta la forma della vena fluida, e di inclinare la paratoja per avvicinarla più che si può alla ruota, onde diminuire la lunghezza della doccia in cui corre l'acqua, e per conseguenza la perdita di velocità che deriva dall'attrito contro le pareti.

Tutti questi mezzi però, meno gli ultimi due, e quello degli orli laterali proposti dal Morosi, in pratica non presentarono mai un aumento di effetto sensibile. Di quelli che abbiamo eccettuati si può valutare, ed assegnare facilmente l'utilità rispettiva.

I dettagli di costruzione della doccia e della paratoja si rilevano con bastante chiarezza dalla figura: in quanto alla doccia, bisogna avvertire che l'acqua vi si introduca senza risalti e senza sfregamenti risentiti, onde la velocità sia modificata meno che si può. La paratoja va disposta vicinissimo alla ruota, ma non bisogna però inclinarla troppo, onde non produca un soverchio sfregamento.

Una parte importante della ruota è il gradino praticato in *fg* a una data distanza dal piano verticale che passa per l'asse della ruota. Questo

gradino deve essere situato in modo che la palmetta della ruota arrivi al suo spigolo f nel momento in cui l'acqua, che fino a quel punto aveva continuato ad innalzarsi per la velocità acquistata, comincia a ricadere. A questo momento infatti, l'acqua non serve più alla macchina, e conviene aiutarla a sprigionarsi meglio che sia possibile. Per questo, se la località lo permette, bisogna troncare le pareti verticali della doccia al gradino, e lasciare al canale di scarico tutta la larghezza possibile, di modo che l'acqua possa scorrere e distendersi in maggiore spazio e con minore altezza. Ne risulta d'altronde che allora può darsi una piccola altezza al gradino, la qual cosa non è senza importanza, dacchè l'altezza del gradino bisogna levarla dall'altezza totale della caduta, e quindi diminuire di altrettanto l'impulso dell'acqua motrice.

Le dimensioni di larghezza che si convengono alla cateratta, ossia alla lamina d'acqua motrice, e che servono a regolare la larghezza e la distanza delle corone della ruota, dipendono, come osserva il Poncelet, dalla quantità dell'acqua e dalla sua velocità o caduta, cosicchè pei canali di tenue portata e di molta caduta, la larghezza della luce deve essere tutt'al più il doppio dell'apertura, e per le portate rilevanti, con poca caduta, la larghezza deve essere tre o quattro volte l'apertura. Si potranno dunque calcolare facilmente in ogni caso le dimensioni di cui si tratta, osservando che per cadute grandi intende l'autore quelle vicine ai due metri, e per portate rilevanti quelle che sorpassano 800 o 1000 litri per secondo; le cadute minori di un metro, e le portate al disotto dei 300 litri si considerano per cadute e portate tenui.

Il calcolo della velocità, e della forza di questa ruota lo daremo nel secondo libro, dove si parla della teoria in generale delle ruote idrauliche.

La lettura della prima Memoria originale dell'autore, e della seconda che vi è unita, con cui rende conto delle esperienze praticate in grande per determinare gli effetti della nuova ruota, non è da ommettersi da chi avesse desiderio di istruirsi su questo importante argomento che noi riguardiamo come un acquisto notevole per la meccanica industriale.

Dobbiamo aggiungere altresì che l'applicazione fattane giudiziosamente in diversi stabilimenti, ha confermato finora tutti quei vantaggi che il dotto inventore ebbe a pronosticarne (1).

(1) Il primo a introdurre da noi e far conoscere praticamente questo utile perfezionamento delle ruote idrauliche è stato l'onorevole ingegnere sig. Filippo Ferranti, attuale Aggiunto annuo all'I. R. Direzione Generale delle Pubbliche Costruzioni di Lombardia, il quale l'applicò al movimento delle trombe che servono ad elevare l'acqua che alimenta i tre getti della pubblica fontana di Milano situata sulla piazza di questo nome.

Per poter tracciare un'istruzione sulla maniera più opportuna di organizzare le celle delle ruote a cassette, cominceremo ad esporre le condizioni alle quali devono soddisfare.

In primo luogo pertanto, le celle devono essere fatte in modo da poter ricevere l'acqua per disopra facilmente e senza impedimenti, di conservarla insino al punto infimo della ruota, e quivi scaricarla tutta, senza sollevarne menomamente dalla parte opposta. È presto veduto che quei semplici artificj stessi, che giovano a rendere più facile l'introduzione dell'acqua, contribuiscono eziandio al troppo sollecito suo versamento, cosicchè l'aumento di azione nella parte superiore è combinato con altrettanta diminuzione nella parte inferiore.

Perchè producano molta azione, devono:

2.° Poter ricevere molt'acqua, senza che perciò abbiano a riescire sovraccaricate di legname e pesanti. Con questa vista si tiene grande la distanza delle palmette; e la ruota risulta bensì leggiera, ma avendo limitato il numero delle celle, non può ricevere altr'acqua oltre quella che equivale alla capacità delle celle medesime. Collocando invece le palmette vicine tra loro, si ottengono molte celle, ma di poca capacità; la ruota diventa aggravata di legname e pesante, ed all'acqua rimane uno spazio troppo ristretto.

La ruota di queste trombe ha un diametro di metri 3. — La corona è larga met. 0,55, e le palmette sono 24 lunghe met. 1,18, e fatte di lamierone di ferro. È azionata dalle acque del Seveso, al quale è assegnata una competenza di once 12 magistrali milanesi, ma che per termine medio nella località di cui si tratta deve considerarsi solamente di 8, colla caduta totale di met. 1,30 o poco meno, e fa ordinariamente 5 giri al minuto.

Un'altra di queste ruote si eseguisce attualmente coi disegni del sig. Giovanni Battista Bareggi, ingegnere di prima classe alla Direzione suddetta, da attivarsi all'I. R. Polveriera di Lambrate per il movimento di alcuni meccanismi di quell'importante stabilimento, il quale in questi ultimi anni, mercè le cure illuminate e la zelante assiduità del sig. Primo che ne fa le funzioni di Ispettore, e che cortesemente mi onora della sua confidenza, è stato migliorato in moltissime sue parti, ed arricchito di nuovi ed interessanti apparati.

Una ruota dello stesso genere, ma di straordinarie dimensioni, con un diametro di sette metri ed altrettanto di lunghezza, è quella eretta di recente a cura dell'ingegnere Giulio Sarti per motore degli ordigni meccanici che hanno da servire alla macinazione dei grani con nuovi metodi, nello stabilimento che si va attivando sul Lambro presso Melegnano da una società di azionisti.

Volendo fare qualche pratica applicazione delle teorie che esporremo nel secondo libro dell'opera, ci gioveremo con preferenza delle osservazioni e delle sperienze che potranno essere fatte su qualcuna di queste ruote.

3.° La direzione del getto dell'acqua deve coincidere precisamente con quella della palmetta anteriore, perchè l'acqua scorrendo sulla ruota con direzione troppo obliqua, cadrebbe sulla faccia opposta della palmetta anteriore con direzione troppo verticale, e produrrebbe un urto troppo contrario al movimento della ruota. Se l'angolo formato dalle palmette anteriori col contorno della ruota è grande, l'acqua si scarica troppo presto; se è piccolo invece, l'impulso dell'acqua deve essere diretto nelle celle ad un punto assai distante dalla sommità, od essere sospinto vicino alla sommità stessa, con maggiore velocità orizzontale, cosicchè l'acqua nella doccia deve essere mantenuta molto elevata. Risulta naturalmente da ciò che entrambi questi due casi conducono ad una perdita di caduta piuttosto grande.

4.° Volendo determinare la velocità più opportuna dell'acqua, si incontrano le medesime difficoltà. Infatti, se la velocità è grande, si rende necessario che la doccia abbia una caduta rilevante, oppure che dinanzi alla paratoja vi sia un corpo d'acqua piuttosto alto, la quale altezza necessariamente viene sottratta al diametro della ruota ed alla caduta operante. Ma se la velocità dell'acqua fosse poca, ed invece richiedesse il lavoro per essere eseguito opportunamente che la ruota girasse con molta celerità, in tal caso l'acqua non potrebbe agire sulle palmette, se non dopo di averle raggiunte colla sua caduta, o coll'acceleramento nelle celle, e conseguentemente sempre a spese della corrispondente caduta.

5.° Quando si statuisce l'altezza più adattata dell'acqua nella doccia vuolsi determinare eziandio il luogo, e la disposizione delle paratoje, ed il punto da dove l'acqua deve scaturire nelle celle, il qual punto ordinariamente si sceglie alla seconda o terza palmetta partendo dalla sommità.

Queste circostanze sono suscettibili tutte di venire assoggettate a rigorosi calcoli matematici, dai quali emergono le condizioni necessarie perchè sia massima l'azione delle ruote a cassette. Siccome però queste medesime circostanze sono tutte mutuamente combinate, e ciascuna manifesta la propria azione nel modo il più vantaggioso allora soltanto che le altre pure hanno raggiunto la più perfetta loro misura, perciò devono collimare in egual tempo sei e fin sette grandezze massime, cosa che non è tanto frequente nei problemi di altra natura. Ecco la ragione per cui malgrado non si abbia risparmiato spese e sudori, pure è riescito pressochè impossibile colla sola via sperimentale di scoprire le precise regole generali della disposizione delle ruote a cassette. Generalmente è noto che le esperienze ed i tentativi sono necessari per rilevare le particolari nozioni delle circostanze di fatto, ma sono insufficienti di per sè stesse, e conducono soltanto

a risultamenti individuali, se non sono rischiarati da una teoria, e resi intelligibili mediante la concordanza tra loro e colle altre circostanze già conosciute.

§ 113.

Le palmette o celle delle ruote a cassette si determinano collo stesso metodo insegnato per le ruote di fianco (§ 110), e la linea dello spezzamento si tiene quasi costantemente ad $\frac{1}{3}$ della larghezza della corona (1).

Le palmette colla loro posizione inclinata formano una specie di tegumento intorno alla ruota, più o meno perfetto, secondo che l'inclinazione è maggiore o minore.

L'Eytelwein (2) propone una regola consimile, colla sola differenza, che il raggio dell'arco che serve a determinare l'inclinazione della palmetta, lo tiene uguale allo spessore della nappa d'acqua che muove la ruota.

Non sembra però assolutamente necessario che la distanza tra due palmette abbia ad essere proprio uguale allo spessore del velo d'acqua. Quando la ruota gira, l'acqua ha un istante infinitamente breve per piombare liberamente tra le palmette, supposto che la loro distanza reciproca sia uguale alla grossezza della nappa, e successivamente viene sempre attraversata da una palmetta. Se il velo d'acqua è più denso della distanza delle palmette, allora prima che una palmetta lo abbandoni interamente, sarà già investito da un'altra: ma questo non reca alcun danno.

I motivi per cui molte delle ruote a cassette respingono una parte dell'acqua, sembra che risiedano principalmente nel modo di caricarsi e nella velocità della ruota. Se l'acqua è diretta come nella fig. 153 e cade più o meno al di sopra della palmetta, non solamente ritarderà il movimento della ruota, ma la palmetta farà altresì risaltare una porzione dell'acqua da *c* verso *d*. Ciò potrebbe essere determinato in qualche modo dalla direzione della spinta e della velocità, e si potrebbe quindi calcolare la perdita totale di effetto, se la cognizione fosse di qualche utilità. Si vede però facilmente che questa perdita deve essere riflessibile, e che si potrebbe rimediare al male, inclinando meno le palmette. Ma si rimedia ancora più facilmente e senza danno introducendo l'acqua parallelamente alla palmetta *ab*, e facendo che prima di urtarvi sopra abbia a colpire nell'interno la palmetta *ef*. — Anche questo principio è in perfetta armonia colle citate sperienze di Nordwall.

(1) Neumann, *Archit. dei mulini*, § 112. — Gerstern, *Man. cit.* vol. II, § 300.

(2) *Opera cit.* § 179.

Si immagini che l'acqua entri parallela alla palmetta *ae*, fig. 154, e muova la ruota con velocità pari all'urto che produce: l'acqua non potrà toccare il fondo della palmetta *cd*, ma sarà respinta interamente dalla *ae*, e rimbalzata da *e* in *f*. In questa ipotesi bisognerebbe supporre che per animare la ruota e respingere l'acqua vi fosse un'altra forza per supplire all'effetto che l'acqua medesima non può ottenere nè coll'urto, nè colla pressione. Sembra adunque impossibile che una ruota abbia mai a pareggiare la velocità dell'acqua. L'impulso dell'acqua per altro non sarà perduto intieramente, purchè la ruota si muova in certo modo più lenta dell'acqua; ma questa differenza vuol essere notabile. A questo proposito è dimostrato (1) che anche nelle ruote a cassette l'effetto massimo si ottiene quando la ruota è dotata di velocità uguale alla metà di quella dell'acqua motrice.

In pratica però, come osserva l'Eytelwein, rare volte si segue la regola, a motivo che quanto più la ruota va lenta, tanto più bisogna allargarla, per renderla atta a ricevere tutta l'acqua; e siccome le ruote grandi non solo esigono una struttura robusta e pesante, ma aumentano anche l'attrito, ed inoltre l'urto dell'acqua è raro che sia molto considerevole, perciò si costuma ordinariamente di attribuire alle ruote a cassette la velocità stessa dell'acqua. — Abbiamo quindi due estremi per determinare questa velocità, i quali bisognerà avvertire di non sorpassarli: fra questi potremo scegliere il partito più confacente alle circostanze.

Quivi per altro non è luogo da diffondersi ulteriormente su questo argomento. Quanto si è detto basterà forse a renderci accorti sulle cause di tanta varietà negli effetti delle ruote idrauliche. Osserveremo soltanto, che quantunque siasi tentato superiormente di dimostrare, che tenendo l'imboccatura tra due palmette uguale ad un terzo della distanza a cui sono inserite, non vi sia a temere che l'acqua possa con facilità essere respinta dalla ruota, pure non è ancora dimostrato che questa imboccatura non possa ridursi anche a minor proporzione. Il Nordwall intorno a ciò non reca alcun saggio, ma ritiene verosimile che se le nostre ruote si avessero a costruire con palmette più sottili, per esempio di lamiera, il vantaggio aumenterebbe in ragione della loro inclinazione; anche questa però dovrebbe limitarsi in modo di non rendere troppo pesante la ruota e troppo piccolo lo spazio sul contorno destinato a ricevere l'acqua. È certo altresì che l'intervallo deve sempre tenersi di tale dimensione che la cassetta nel tempo che impiega a traversare la nappa, possa ricevere quella quan-

(1) Eytelwein, *Idraul.* § 182.

tà d'acqua che riceverebbe, se tutta l'acqua avesse ad essere contenuta nel semi-anello della ruota, altrimenti anche in questo caso il dippiù dovrebbe essere ripulso dalle palmette.

Del resto, avendo desunta l'inclinazione del setto delle celle nelle ruote a cassette dalla distanza delle palmette, abbiamo supposto altresì, che questa sia regolata coi principj riportati negli antecedenti paragrafi, e che quindi abbia ad essere maggiore nelle ruote basse, che in quelle alte.

§ 114.

Cercheremo ora di applicare le condizioni superiormente riferite (§ 112) alla effettiva costruzione di una ruota a cassette. Per trattare l'argomento colla dovuta chiarezza, abbiamo rappresentato una di queste ruote di mezza grandezza nella fig. 304. Il diametro della periferia dello spezzamento misura met. 3,80; la larghezza della corona è centim. 24; la larghezza della palmetta posteriore, situata in direzione del raggio, è di 8 centimetri; quella della palmetta anteriore di trentaquattro, e la rimanente parte della corona, dalla linea dello spezzamento al contorno esterno della ruota, è di altri centim. 16; per cui le palmette anteriori formano colla linea di spezzamento un angolo assai prossimo ai 30 gradi; le palmette sono trentasei, e quindi il loro intervallo è di circa 33 centimetri.

Calcolando colle date misure la capacità delle celle $acde$, ritenuta la ac coincidente col raggio orizzontale, la richiesta capacità sarà assai prossimamente $= \left(\frac{ac + de}{2} \right) be = \left(\frac{24 + 8}{2} \right) 33 = 528$ centimetri quadrati.

Dividendo quest'area $\left(\frac{ac + de}{2} \right) be$ per la distanza be , si trova l'altezza media dell'acqua nella ruota, ovvero sia l'altezza alla quale sarebbe riempita la ruota se l'acqua fosse distribuita uniformemente in tutto il contorno dell'arco della ruota, e le palmette non tenessero spazio nell'acqua. Questa soluzione si trova nella divulgata Memoria intitolata: *Enucleatio quæstionis, quomodo vis aquæ ad molas circumagendas cum maximo lucro impendi possit? Auctore F. A. Euler, præmio ornato a societate regia scientiarum Goettinensi. Anno 1754*, ed è ripetuta da tutti i posteriori foronomisti, i quali l'hanno applicata al calcolo statico delle ruote a cassette. L'altezza del così detto arco immerso, ossia dell'*armilla fluida* è quindi

$$\frac{ac + de}{2} = \frac{ab + 2bc}{2} = \frac{ab}{2} + bc$$

ed essendo $ab = \frac{2}{3} ac$; l'altezza medesima diventa $= \frac{2}{3} ac$; la ruota adunque è piena per $\frac{2}{3}$ dell'altezza della corona, ovvero si può ritenere che il fondo della ruota sia pieno d'acqua sino all'altezza di $\frac{2}{3} ac$.

Volendo sapere puramente la quantità d'acqua contenuta nella ruota, si dedurrà dalla misura trovata l'area della palmetta anteriore de e della posteriore ea . Ritenendo lo spessore delle tavole di due centimetri, la loro superficie è $(8 + 34) 2 = 84$ centim. quadrati ed all'acqua non rimane che lo spazio di centimetri quadrati $528 - 84 = 444$. Altrettanta acqua è contenuta in ciascuna delle altre celle dalla sommità della ruota al raggio orizzontale, supponendo che non avvengano dispersioni.

Sotto al raggio orizzontale le cassette cominciano a vuotarsi e seguitano fintanto che la palmetta anteriore giungendo alla posizione orizzontale non può altrimenti contrastare allo sgorgamento dell'acqua. Questo succede alla distanza vu , od a 30 gradi dal punto infimo, perchè l'angolo $u Cv$ è uguale all'angolo qvp , e questo, come si è accennato superiormente, è di 30 gradi. Possiamo quindi ritenere, che l'armilla fluida giunge soltanto alla metà dell'arco bv , ed essendo $bv = 90^\circ - 30^\circ = 60^\circ$, l'armilla fluida giungerà soltanto a 30 gradi sotto il raggio orizzontale. Per conseguenza l'altezza a cui arriva l'acqua nella corona al disotto del raggio orizzontale, uguaglia la metà del raggio cb .

§ 115.

Questi calcoli non danno che la sezione trasversale del corpo d'acqua contenuto nelle celle, ossia il profilo verticale dell'armilla fluida. Moltiplicando questa sezione, o superficie per la distanza delle due corone, si ha la massa d'acqua che la ruota è capace di contenere. Da ciò si argomenta naturalmente che allontanando quanto basta le corone, si potrebbe aumentare la capacità della ruota a piacere; e quindi si potrebbe vincere con siffatte ruote qualunque resistenza. Siccome però la distanza delle corone non può essere ingrandita fuor di misura, perciò converrà determinare i limiti della larghezza delle corone, e trovare la lunghezza dell'armilla fluida, per farne poi le convenienti applicazioni.

Abbiamo già avvertito che alcuni meccanici fanno le corone larghe fino a 30 e più centimetri. Noi faremo riflettere che questo accrescimento è sempre a danno della caduta: vale a dire che essendo data la caduta e l'altezza da cui l'acqua deve essere condotta sulla ruota, l'aumento di grandezza della corona, non può farsi che internamente, per cui diventa manifestamente più piccola la linea dello spezzamento. Alcuni idraulici per

questa ragione tirano la linea dello spezzamento alla metà della larghezza della corona, invece del terzo, per ottenere un aumento nell'armilla fluida. Infatti in quel'ultimo caso l'altezza dell'armilla fluida è

$$bc + \frac{1}{2} ab = \frac{2}{3} ac = \frac{2}{3} b$$

essendo b l'altezza della corona; ma situando il punto b nel mezzo, l'altezza dell'armilla fluida è

$$bc + \frac{1}{2} ab = \frac{1}{2} b + \frac{1}{4} b = \frac{3}{4} b;$$

cosicchè l'aumento risulta $\frac{1}{12} b$ ossia la dodicesima parte della larghezza della corona. Vedremo però che in questo caso l'intervallo delle palmette anteriori diminuisce quasi di altrettanto e se si prende in considerazione la grossezza delle palmette, le celle non potrebbero caricarsi compiutamente se non immaginando che la ruota si muova assai lentamente.

L'impicciolimento dell'angolo che formano le palmette posteriori colla linea di spezzamento, procaccia una disposizione più favorevole. L'angolo abf che forma la superficie dell'acqua, ossia la direzione della palmetta posteriore colla linea di spezzamento, sia $= \lambda$, e l'angolo aeb formato dalla palmetta anteriore colla medesima linea di spezzamento pongasi $= \mu$. Facciasi ora la larghezza della corona $b = ag$, e quindi $af = \frac{2}{3} b$, ed $fg = \frac{1}{3} b$, e sarà il lato $ab = \frac{2b}{3 \operatorname{sen.} \lambda}$; ed $fb = \frac{2b \cos. \lambda}{3 \operatorname{sen.} \lambda}$;

parimenti è $ae = \frac{2b}{3 \operatorname{sen.} \mu}$, ed $ef = \frac{2b \cos. \mu}{3 \operatorname{sen.} \mu}$; conseguentemente

$$eb = \frac{2b}{3} \left(\frac{\cos. \mu}{\operatorname{sen.} \mu} - \frac{\cos. \lambda}{\operatorname{sen.} \lambda} \right) = \frac{2b}{3} \cdot \frac{\operatorname{sen.} (\lambda - \mu)}{\operatorname{sen.} \lambda \operatorname{sen.} \mu}.$$

Perciò avremo la superficie del triangolo

$$aeb = \frac{eb \cdot af}{2} = \frac{2b^2}{9} \cdot \frac{\operatorname{sen.} (\lambda - \mu)}{\operatorname{sen.} \lambda \operatorname{sen.} \mu}, \text{ e la superficie}$$

$$bcde = \frac{1}{3} b \cdot eb = \frac{2}{9} b^2 \cdot \frac{\operatorname{sen.} (\lambda - \mu)}{\operatorname{sen.} \lambda \operatorname{sen.} \mu}; \text{ epperò}$$

l'area di

$$abcdea = \frac{4}{9} b^2 \cdot \frac{\operatorname{sen.} (\lambda - \mu)}{\operatorname{sen.} \lambda \operatorname{sen.} \mu}.$$

Dividendo questa superficie per eb , troveremo l'altezza dell'armilla fluida $= \frac{2}{3} b$, cioè uguale a quella che si ha situando la palmetta posteriore ad angolo retto: dunque gli angoli λ e μ fatti dalle due parti di ciascuna palmetta colla linea di spezzamento, non influiscono menomamente sull'altezza dell'armilla fluida. Disponendo però le palmette a questo modo,

l'acqua comincerà a scaricarsi prima che la linea abc prenda la posizione orizzontale; ciò succede quando l'angolo μCb è uguale a λ , e le celle saranno vuote completamente quando la linea νp sarà orizzontale, ossia l'angolo $\mu C\nu$ sarà uguale ad μ ; possiamo quindi supporre il perfetto vuotamento verso la metà dell'arco $b\nu$, in r .

§ 116.

Applicazione. — Sia $\lambda = 60^\circ$, ed $\mu = 30^\circ$; la lunghezza dell'arco immerso toccherà al disotto del raggio orizzontale hC , fino alla profondità di

$$90^\circ - \lambda + \frac{\lambda - \mu}{2} = 90^\circ - \left(\frac{\mu + \lambda}{2} \right) = 45^\circ,$$

mentre abbiamo trovato solamente 30 gradi supponendo ad angolo retto la positura della palmetta posteriore. Nel presente caso, l'arco immerso equivale ad una colonna d'acqua inferiore al raggio orizzontale hC , dell'altezza $R \cdot \text{sen. } 45^\circ = 0,707 R$ mentre nel primo caso quest'altezza era solamente di $0,50 R$. L'ingrandimento di questa colonna pertanto è $1/5 R$.

Attualmente dobbiamo cercare anche la lunghezza della palmetta anteriore ac , e la lunghezza della palmetta posteriore ed , quindi il numero delle celle che deve avere la ruota in questo caso.

Abbiamo già trovato

$$be = \frac{2b \text{ sen. } (\lambda - \mu)}{3 \text{ sen. } \lambda \text{ sen. } \mu}:$$

supponiamo ora, come è infatti $\lambda = \mu$; sarà

$$be = \frac{2b}{3 \text{ sen. } \lambda}; \text{ quindi, fatto } \lambda = 60^\circ; \text{ sen. } \lambda = 1/2,$$

e $b = 0,24$ diventerà

$$be = \frac{0,16 \cdot 8}{7} = 18 \text{ centimetri.}$$

La periferia della ruota, ritenuto che $2R$ sia il diametro espresso in metri, è rappresentata da $\frac{22}{7} \cdot 2R$; dividendola per l'intervallo $be = 18$

centim. si trova il numero delle celle $= \frac{22}{7} \cdot 2R : 18 = 35 R$ pros-

simamente. Il numero dei punti di divisione quindi è tante volte 35 quanti sono i metri misurati dal raggio del contorno medio, ossia della linea di spessamento. Nel nostro caso essendo $R = 1,80$, il numero dei punti di divisione, ossia il numero delle celle è uguale a $35 \cdot 1,90 = 66$ circa, trascurando la frazione.

La lunghezza delle palmette anteriori abbiamo veduto essere $ae = \frac{2b}{3 \text{ sen. } \mu}$;
ed essendo nel nostro caso $\mu = 30^\circ$, sostituendo avremo

$$ae = \frac{2}{3} \frac{0,24}{0,50} = 32.$$

La lunghezza delle palmette posteriori bc , è visibilmente $= \frac{b}{3 \text{ sen. } \lambda}$
ed avendo supposto $\lambda = 60^\circ$, sarà $bc = \frac{2}{3} \cdot \frac{8}{7} = \text{centim. } 9,14$.

La costruzione delle ruote a cassette quindi dal lato pratico non presenta veruna difficoltà, perchè la grandezza delle palmette rimane invariabile qualunque sia il raggio della ruota, ed il numero loro solamente deve equivalere in questo caso a 35 e nell'altro a 20 volte il numero dei metri che misurano il raggio.

L'apertura bi di due palmette contigue è visibilmente espressa da

$$ab. \text{ sen. } bai = \frac{2b. \text{ sen. } (\lambda - \mu)}{3 \text{ sen. } \lambda} \quad \text{ovvero}$$

facendo $\mu = 2\lambda$ sarà

$$bi = \frac{2b \text{ sen. } \mu}{3 \text{ sen. } 2\mu} = \frac{b}{3 \cos. \mu}; \quad \text{cosicchè}$$

essendo $\mu = 30^\circ$, sarà

$$bi = \frac{24}{3 \cdot 7/8} = \frac{192}{21} = \text{cent. } 9,14.$$

Diminuendo maggiormente gli angoli λ e μ si potrebbe allungare di più l'arco immerso, ma allora le dimensioni di ae e bc diventerebbero molto più grandi, e quelle di be e bi più piccole; quindi il numero delle palmette aumenterebbe sempre più, e si restringerebbe invece la luce di afflusso.

L'esame delle condizioni statiche di queste ruote, lo rimettiamo al secondo libro.

§ 117.

La disposizione delle palmette nelle ruote che ricevono l'impulso per disotto, è raro che s'incontri regolata giudiziosamente. Ora si piegano o s'incurvano le palmette troppo bruscamente, o troppo poco, a norma del bisogno, o niente affatto. Le nostre ruote senza corona, in cui le palmette non possono essere ripiegate, e delle quali si fa sempre grandissimo uso anche nelle doccie ad arcatura molto elevata, non sono adattate per niente,

sebbene non manchino di buone doti essenziali: ma queste non bastano a compensare lo scialacquamento dell'acqua. Esse potranno adoperarsi in ogni caso nelle doccie piane, ed anche nelle arcoate assai basse. Ne' calloni di alta arcatura l'acqua in parte, e spesso quasi la metà scappa senza frutto per di sopra alle palmette.

Anche nelle ruote incerchiate che girano in arcatura di qualche elevazione, ordinariamente le palmette si incurvano troppo poco o nulla, e si procura di impedire il passaggio all'acqua applicando un fondo chiuso alla ruota, il quale è veramente fuori d'ogni proposito. Infatti, si osservino le figure 155 e 156: ivi la palmetta *A* entra nell'acqua, prima che lo spazio *b* ne sia riempito: questo spazio essendo chiuso ermeticamente dal fondo, l'acqua non può entrarvi, facendovi ostacolo l'aria ivi condensata, cosicchè deve necessariamente succedere un ristagno ed una compressione, che diminuiranno l'effetto della ruota in proporzione alla grandezza dello spazio *b* che rimarrà pieno d'aria. Che questo spazio sia chiuso quasi perfettamente a prova d'aria, è facile concepirlo, riflettendo che il legno coll'umidità si gonfia e si stiva insieme, e le piccole fessure che mai rimanessero nelle unioni, o sono tosto turate dall'acqua stessa, o sono troppo strette per dar adito all'aria colla velocità che occorre.

Nelle ruote di fianco e in quelle a cassetto invece, l'aria può dar luogo all'acqua, perchè questa entra nelle celle a poco a poco, inoltre queste ruote comunemente sono più larghe delle cassette.

L'incurvamento delle palmette nelle arcature che non superano li 60 centimetri è di nessuna conseguenza, cosicchè in questi casi si suol farle diritte e sulla linea del raggio.

§ 118.

Il collegamento delle ruote senza corone, si fa con una cerchiatura che può essere composta di quarti semplici od addoppiati.

La fig. 157 è un pezzo di ruota di questo genere, collegata colla cerchiatura addoppiata *a* in cui sono infitte le code o gli appoggi *b* della tavoletta *c* delle palmette: *d* sono i contrasti o sbarri, ed *e* le braccia.

La cerchiatura di questa ruota sarà congegnata colle regole tracciate al § 103. Le cavigchie, o le viti alle unioni dei quarti, secondo il metodo che si sarà adottato per collegarli, non si dovranno assicurare stabilmente, prima che tutto non sia ben regolato, per poterli scomporre se fa bisogno. Intessamente si segnino gli altri fori delle cavigchie, e si succhino, ma si differisca a mastiettarle.

Si trovino poscia le suddivisioni delle palmette sulla cerchiatura, figura 158 *A*, con un compasso a mano, si segni a' fianchi di ciascun punto di divisione la semigroschezza delle code, e col compasso a verga si tirino le linee corrispondenti, che si vedono in *B*. Si producano i punti *m*, *n*, *o*, *p*, ecc. tanto sulla costola convessa della corona quanto sulla concava con una squadra *C*, o col segnatojo *D*, fig. 159: si scompongano di bel nuovo i quarti e con un graffietto si segni sulle costole la grossezza della coda, fig. 160: indi si intagli colla sega e si incavi come dimostra la fig. 161.

I quarti preparati a questo modo si ricongiungano, e si assicurino regolarmente con cavicchie. Finalmente si pulisca la cerchiatura alla pialla, e sarà perfezionata.

Non occorre il dirlo, che i pezzi di una corona, dopo averli posti in prova una volta, prima di scommetterli si deve contrassegnarli, per poterli rimettere tutti a proprio luogo nel ricomporla.

Colla fig. 162 si è procurato di rappresentare chiaramente il modo di applicare e assicurare ai quarti le code delle palmette, e di adattare queste ultime, e collegarle tra loro con staggi o sbarri. Osserveremo ancora che è meglio assicurare le palmette alle code con staggi e con chiavette, piuttosto che inchiodarle, potendosi levare con facilità se si guastano, e rimetterne delle nuove. Se invece si inchiodano, le code soffrono, e si spaccano facilmente. Gli staggi sono serrati nei fori con biette.

Le palmette si allogano dopo avere montata la cerchiatura all'albero.

§ 119.

Le braccia si collegheranno sul bancone delle ruote, e la cerchiatura si dividerà in quattro o sei parti col compasso a verga, secondo che la ruota vorrà farsi a croce, od a stella, § 107. In quest'ultimo caso, si sa che il raggio è compreso sei volte esattamente nella periferia, quindi lo scompartimento è facile. Ma se la cerchiatura si dovrà dividere in quattro parti, per applicarvi le braccia a croce, la lunghezza, od apertura del compasso, potrà essere determinata facilmente colla regola del § 98, e si trova sempre rappresentata dal rapporto numerico 1,414, ossia prossimamente $\frac{7}{5}$ del raggio. Per procedere praticamente, si divide il raggio in cinque parti, e se ne prendono sette per la misura che si cerca.

La divisione della cerchiatura per quattro può trovarsi anche con metodo grafico. Si prenda col compasso una larghezza uguale al raggio,

questa si porti sulla periferia, partendo da un punto qualunque A , fig. 167, e si notino i punti di divisione A, A', A'', B, B', B'' che si ottengono: i due punti A, B diametralmente opposti, daranno la posizione del primo braccio. Si suddividano in due parti uguali le mezza cerchiature $A D B, A C B$, col compasso, del quale si determinerà l'apertura che verosimilmente conviene, con tentativi ripetuti, e con questa si tracceranno dai punti A e B ordinatamente gli archetti $m n$ ed $o p$: le rispettive loro intersezioni, daranno i punti C e D in cui devono inserirsi le altre due braccia.

Nelle ruote idrauliche le braccia non devono incontrarsi al luogo delle palmette: per questa ragione abbiamo detto al § 108 che il numero delle palmette deve essere divisibile per quello delle braccia. Se le braccia sono a croce, od a stella, si configgono a mezzo precisamente di un intervallo tra due palmette; ma se sono accavallate all'albero, ordinariamente bisogna declinare alcun poco dalla regola.

I punti A, B, C, D costituiscono propriamente l'asse delle braccia: la loro larghezza si dispone metà per parte, come in a, a' , ecc. Pongasi ora uno dei bracci pulitamente lavorato sopra la cerchiatura, e nella direzione $a a$, indi con punta acuta si segni con precisione sul braccio la larghezza interna della cerchiatura, e su questa la larghezza del braccio. Con queste tracce, si tronca ciò che occorre, indi si investono le braccia nella cerchiatura, a quella profondità che si crede necessaria, come vedremo in seguito.

Dopo si mette l'altro braccio traverso al primo, regolandosi coi punti $a a$ preventivamente trovati sulla cerchiatura, si esplora la sua giusta posizione colla squadra, e si segna la sua larghezza sul primo, il quale poi si incastra come si è detto al § 107. Successivamente si può assicurare il secondo braccio nell'intaccatura del primo, non che alla cerchiatura; indi su quest'ultima si nota con precisione la grossezza del braccio, e parimenti si notano sul braccio la larghezza della ruota, e sul secondo braccio la grossezza del primo. Eseguiti questi tracciamenti preliminari e indispensabili, si procede alla ultimazione del lavoro, il quale si risolve nel recidere convenevolmente quanto è necessario, ed incastrare il braccio.

Intessamente si opera per la composizione delle braccia a stella, e per quelle sovrapposte, colla sola diversità che nelle ultime bisogna prima di tutto portare dai punti A, B, C, D su tutti i lati il semi-intervallo di ogni paio di braccia, il quale si regola colla grossezza dell'albero, § 107.

Volendo armare una cerchiatura a doppie braccia, la posizione delle prime si riporterà con una squadra sullo spigolo esterno della cerchiatura, perchè così rivoltandola, si saprà facilmente sovrapporre con precisione il

secondo braccio al primo. L'appiccatura di questo braccio si eseguisce appunto come quella del primo.

Le braccia delle ruote a cerchiatura, della forma descritta nell'antecedente paragrafo, per lo più si incastrano doppiamente, e sui due fianchi, come presenta in sezione trasversale la fig. 162, ed in ispacato sull'asse della ruota la fig. 163. Le punteggiate segnano la grossezza reale dell'incerchiatura. Comunemente le braccia si applicano ai due fianchi con una intaccatura di 10 a 12 millimetri di spalla.

Per collegarle all'incerchiatura si usano dei pironi di legno *A*, fig. 163, o delle caviglie di ferro *B*, fig. 164. I buchi corrispondenti si preparano al momento di appicare le braccia, e i pironi, o le caviglie si configgono all'atto che si monta la ruota sull'albero.

L'intaccatura delle braccia non deve farsi troppo profonda, onde non combacino, dovendo anzi lasciare tra loro un distacco di uno a tre centimetri per impedire che le foglie od altri galleggianti vi si ammassino contro, fig. 163 e 164. Il contesto si può consolidare maggiormente con una vite *C*.

I boloni, o piuttosto le caviglie di ferro sono preferibili a quelle di legno, perchè le braccia è meno facile che si spacchino, e i membri riescono collegati con maggior forza. Le caviglie non devono essere troppo deboli, nè i fori che le ricevono troppo comodi, altrimenti le braccia si distaccano facilmente, e le caviglie s'inarcano e sospingono nel legno.

Le indentature artificiose delle braccia colle incerchiature, come sarebbe quella della fig. 165, od altre simili, rare volte riescono bene, perchè non possono mai essere lavorate coll'esattezza necessaria ad ottenere un adeguato combaciamento, e perchè succede col tempo che le unioni si allentano e i denti si spezzano: tanto in un caso che nell'altro poi, le cavità generantisi sono perniciose.

Talvolta s'ingrossano le incerchiature con pezzi particolari di rinforzo, nel modo rappresentato dalla fig. 166; per collegarvi le braccia indipendentemente dalla cerchiatura stessa, la quale con siffatto artificio viene ad essere meno tormentata. Questi pezzi si uniscono colle stesse caviglie che servono al collegamento dei quarti. Nelle cerchiature sufficientemente robuste è però inutile un tale ripiego.

Le incerchiature di queste ruote comunemente si fanno con legname di pino dello spessore di dodici a quindici centimetri, e largo dieciotto o venti; e pei pironi si adopera più volentieri legno di rovere. Le braccia da incrociare sull'albero possono essere grosse un decimetro, colla larghezza unita di 23 a 26 centimetri, e richiedono buon legno di latice, o di rovere. Le braccia a stella si tengono da 6 a 12 millimetri più sottili, e quelle

all'olandese di altrettanto più robuste delle braccia a croce. Le palmette e loro accessori si fanno molte volte di larice, ma si adopera frequentemente anche la rovere. Le dimensioni quivi esposte sono le adeguate: si potrà quindi nelle applicazioni pratiche diminuirle alcun poco nel primo caso della tabella del § 128, ed aumentarle nel terzo.

§ 130.

I quarti delle cerchiature semplici si lavorano con legname cresciuto naturalmente bistorto, e capace delle dimensioni assegnate alla cerchiatura stessa, come è dimostrato dalla fig. 168.

Ciascun pezzo verrà collegato alle braccia con intaccatura a denti, la quale sarà armata con fasciatura, o contrafforte, fig. 170, assicurato con cavicchie di legno (§ 105), o con viti (§ 106). Per maggiore fermezza si può aggiungere un'apposita cavicchia di legno in *h*, fig. 170.

Dopo quello che si è dichiarato intorno alla struttura generale delle ruote, non può a parer nostro incontrare difficoltà l'esecuzione di una di queste di cui ci occupiamo: sarà poi tutt'uno principiare colla riunione dei quarti, e quindi porre in prova le braccia e segnarvi i maschi, e le femmine corrispondenti, oppure combinare prima le braccia, e accoppiarvi poscia i quarti. — Bisognerà ricordarsi altresì di non saldare tutto il sistema fermamente, per poterlo trasportare dall'officina, e montarlo sull'albero, dove verrà ricongegguato in modo invariabile.

I quarti si uniscono talvolta anche a semplice combaciamento, fig. 171, oppure a giuntura indentata, fig. 172.

Quando sia posta insieme la cerchiatura della ruota e sia legata alle braccia, vi si distribuiscono i fori per le code delle palmette, come abbiamo accennato al § 118, indi si scompone di bel nuovo, e si trafora, dopo di che non resta che montarla.

Le palmette possono esservi applicate e assientate allo stesso modo dichiarato al § 118, e rappresentato dalle figure ivi citate. Il più delle volte però si adotta il sistema delineato nella figura 173, ossia si fa la coda di buona rovere fresca, o d'altro legname duro e compatto, spaccato e ripiegato, e vi s'inforca la palmetta, indi la si impianta nella cerchiatura, e si imbietta interiormente. — Il legno con cui è formata la coda, bisogna piegarlo sopra una forma apposita quando è ancor verde e caldo, dopo di averlo fatto trasudare al fuoco. Le code così piegate si legano insieme alle estremità, e si lasciano seccare.

Non è poi di assoluta necessità che i quarti delle ruote di questo genere sieno curvati colla più rigorosa precisione. Se ne trovano soventi di quelli conformati pressappoco come dimostra la fig. 174 nei quali basta che le palmette sieno collocate giustamente, e questo si verifica subito facendo girare la ruota. Anche nella scelta del legname non occorre molta scrupolosità, però non bisogna troncane soverchiamente le fibre. — Siccome la sicurezza delle palmette è maggiormente plausibile quanto più sono perfetti i quarti, come è facile a comprendersi, perciò non consiglieremo mai di fare delle ruote somiglienti a quella rappresentata colla fig. 175.

§ 121.

La corona delle ruote idrauliche come abbiamo già ripetuto più volte, è costituita da due anelli tra i quali sono contenute le palmette. Ciascuno dei due anelli è composto di quarti addoppiati e riuniti alla maniera additata nell'antecedente capitolo, ed in proporzione all'altezza della ruota, ed alla robustezza che deve avere il meccanismo relativamente alle condizioni avvertite nella tabella del § 28 si fanno grossi otto o dieci centimetri, e larghi quanto le palmette (§ 108); supposto poi che la larghezza della corona non sorpassi li 30 centimetri, che è l'ordinaria misura, e le palmette sieno più larghe, si lascino sporgere indentro della ruota, come nella fig. 176.

I panconi per la falda interna della corona ordinariamente si prendono da cinque millimetri ad un centimetro più grossi di quelli per l'esterna, dovendo nei primi esservi incastrate le palmette.

Apparecchiata che sia una corona e perfezionata secondo le istruzioni del precedente capo, si scompartono su di essa le palmette avendo presente il principio tante volte ripetuto di schivare le giunture e le cavicchie. — Po- scia, se le palmette vanno collocate sulla direzione del raggio, si riporta ai lati di ciascun punto di divisione la semigrossezze loro assegnata, e coll'asta del compasso si tracciano le linee che determinano la larghezza delle imposte. Queste poi si fanno profonde uno o due centimetri, a norma della grossezza dei quarti, e si prepara il foro per il maschio della palmetta.

La fig. 177 è un pezzo di corona in cui si vede l'andamento delle operazioni testè accennate, *aa* sono i punti di divisione; *bb* il tracciamento de' canali od incastri per inserirvi le palmette; *cc* i medesimi incavati; e *dd* i canali incavati e perforati.

È necessario per formare il buco del maschio, che l'imposta della palmetta sia disegnata anche sulla faccia esterna della corona; ciò si eseguisce

facilmente riportando le linee tracciate internamente, prima sulla fronte della corona, e da questa producendole sulla faccia contigua, fig. 159. Il buco poi si apre dirincontro, cioè metà lavorando dall'indentro all'insuori, e metà lavorando in contrario. Questa è una cautela necessaria, perchè volendo scolpire il buco di seguito tutto da un lato, il legno dall'altro si scheggerebbe.

Alcune volte i fori si succhiellano semplicemente, e i maschi delle palmette si londano. In questo caso si può tralasciare di succhiare dirincontro. — In generale poi i maschi cilindrici meritano di essere anteposti ai prismatici, prima perchè i buchi relativi indeboliscono meno le corone, poi anche perchè se una palmetta si spezza, si può levarla più facilmente, e senza tormentare molto la corona. Del resto servono al pari degli altri a mantenere in buon sesto la ruota, la quale d'altronde non è così facile che si sfasci, quand'anche si spezzino i maschi delle palmette.

Gli incastri per le palmette si intagliano con sega a mano indi si scolpiscono collo scarpello, e finalmente si lisciano coll'incorsatojo, fig. 178.

Essendo preparate egualmente le due corone, sarà facile applicarvi le palmette, avvertendo però di montarle prima sulle braccia.

La fig. 179 rappresenta due palmette, l'una a maschi tondi, l'altra a maschi lavorati di quadro.

Nella composizione di queste ruote non si affaccia difficoltà veruna; quindi rimane da avvertire soltanto, che i maschi delle palmette devono imbiettarsi, senza però recar danno alle corone. La fig. 180 indica il modo di inserire le biette.

§ 132.

Quando le palmette sono ripiegate, il maschio in testa lo hanno solo quelle posteriori; la parte anteriore invece è semplicemente incastrata, ed assicurata con chiodi. La fig. 181 rappresenta un pezzo di corona, nel quale sono preparate le scanalature che devono ricevere le palmette ripiegate.

Per marcare queste palmette a proposito, si comincia a scompartirle secondo il loro numero sulla linea dello spezzamento, fig. 182, e si determina la precisa posizione di una di esse, come si è fatto in *A*, colla regola del § 109, fig. 145. Sulla traccia ottenuta a questo modo, si forma un campione o *stampo* delle palmette, fig. 183. Ora, mediante il compasso a ruote, si tirano sull'apello le linee *m'n* in direzione al raggio, e si segnano gli intervalli *m'p'* a norma della palmetta *A*; in seguito si pianta lo stampo

sul punto di divisione *K*; si conduce il suo lembo esterno, o combaciato esattamente col punto *p'*, e con uno stilo, scorrendo rasente allo stampo, si traccia la direzione, e la grossezza delle palmette. Le palmette *B*, fig. 182, si ritengono delineate con questo metodo, che geometricamente direbbesi di sovrapposizione.

Alcuni segnano prima il foro del maschio della palmetta posteriore, lo incavano, e vi impernano lo stampo, il quale in questo caso, invece delle punte, ha uno stilo al posto del maschio, fig. 184. — Questo metodo è ugualmente buono, purchè si operi colla voluta esattezza.

Nel disporre le palmette, bisogna avvertire singolarmente, di non collocare il maschio della palmetta posteriore troppo vicino alle caviglie interne dell'anello. Più che l'angolo delle palmette sarà chiuso, si avrà di mira nel situarle di trascurare piuttosto le caviglie esterne, le quali quand'anche venissero ad essere intaccate, non produrrebbero mai quel difetto che si avrebbe incastrando il maschio della palmetta troppo appresso alle caviglie interne. — Sarebbe poi meglio riflettervi al momento di distribuire le caviglie, essendo l'argomento di maggiore importanza che ordinariamente non si crede.

Vede ciascuno facilmente che la direzione delle palmette sui due anelli che formano la corona, deve essere tracciata in senso opposto, affinchè gli incastri si accompagnino nel metterle insieme, fig. 185. — Per questo motivo lo stampo delle palmette deve avere la punta, o lo stilo da tutte e due le teste.

Le due parti della palmetta si congiungono nel modo indicato dalla fig. 186: per comporre la corona poi, si unisce prima la sola palmetta posteriore, e quindi s'incastra l'anteriore. E queste ultime, secondo che la ruota è più o men larga, si assicurano alle altre con un chiodo, o due; similmente con chiodi si collegano le loro teste agli anelli, procurando di configgerli bene addentro, come dimostra la fig. 187.

Se la ruota avrà mezzo fondo, o fondo completo, come in quelle di fianco, ed in quelle a cassette, od a cucchiaini, questo si unirà saldamente con chiodi agli anelli ed alle palmette posteriori, nella maniera indicata dalla fig. 188.

§ 123.

Ciò che ha relazione alla composizione delle braccia, lo abbiamo già dimostrato ai paragrafi 107 e 119; quindi ci rimane solo di insegnare il modo di collegarle agli anelli.

Le ruote a corona ordinariamente hanno doppie braccia, e queste possono avere ciascuna delle tre disposizioni ricordate.

L'unione delle braccia agli anelli nelle ruote con palmette diritte si fa per lo più secondo la figura 189. Le braccia s'ineastrano in modo che riccano a filo, o quasi a filo della faccia esterna dell'anello e si stringono con una braccia, o controspalla *a* in cui s'impone la loro testa. Questa controspalla ha di lunghezza l'intervallo preciso di due palmette: essa si congiunge all'anello con quattro caviglie, o con altrettante viti di legno. A tale effetto, quando si incavicchiano gli anelli, si lasciano mancare queste quattro, le quali devono servire in seguito e per assicurare la controspalla, o per tenere insieme più saldamente i quarti. Ogni braccio poi, oltre alle quattro caviglie, ha eziandio una grossa spina la quale si vede rappresentata in ispacciato nella precitata figura.

Quando la spaziatura delle palmette è molta, cosicchè ogni intervallo contenga tre paia di caviglie, quel paio in cui cade la congiunzione delle braccia si sopprime, altrimenti l'anello dovendo ricoverare anche la spina, risulterebbe quivi troppo debole. Si osserva però, che invece di una spina se ne possono mettere due, e supplire così all'ufficio delle caviglie sopresse.

Con questo metodo di rinforzare le braccia, il quale per stabilità è il migliore, ciascuna delle palmette tra cui esse si incontrano, viene ad essere ristretta a ciascun lato di quanto è grossa la controspalla. Così secondo che le braccia saranno a croce, a stella, od all'olandese con controspalla grossa un decimetro, vi saranno quattro, o sei, od otto delle palmette, che avranno un restringimento di due decimetri per ciascuna. Però, se le controspalle delle braccia all'olandese si faranno, come si usa talvolta, alla maniera rappresentata colla fig. 190 le palmette che soggiaceranno a restringimento saranno dodici. Ciò non è indifferente, perchè l'acqua che batte nelle controspalle, non solo è perduta, ma contrasta altresì la sorvegliente, ed opera a danno di sua libera azione.

Una simile congiunzione adunque sarà da riservarsi ai soli casi di ruote assai larghe, dove il consumo di poc'acqua non è di gran pregiudizio; e in tutti gli altri casi sarà meglio congegnare le braccia senza controspalla, e fortificarle bene con cartelletto e con viti di ferro. Quest'ultimo sistema è quello rappresentato dalla fig. 191 la quale non ha bisogno di altra spiegazione.

Le braccia delle ruote munite di fondo intero, o solo per metà, od anche di palmette molto incurvate si collegano alla corona anche non cavalletti, fig. 192.

Si prepara perciò una travetta grossa circa un decimetro, e larga da 20 a 22 centimetri, che si guernisce con fasciature di ferro come si vede nella fig. 193, e si congiunge agli anelli all'atto che si fabbrica la corona (fig. 192). Le braccia hanno un maschio che s'incasta nel foro della travetta, con questa poi, volendo montare la ruota, si assesta la corona sulle braccia, le quali devono essere destramente inclinate. Per questa ragione i fori della travetta si fanno un poco accampanati. È chiaro poi che in questo caso la corona non può assestarsi sulle braccia tutta in un pezzo; quindi dovrà scomporsi per lo meno in due.

Le ruote molto strette e svelte, come sono quasi sempre quelle a cassette e quelle di fianco di grande altezza, si montano talvolta con braccia semplici e fatte similmente a cavalletto od a T, come quelle della fig. 194.

Le corone delle ruote a cassette e delle ruote di fianco, si collegano frequentemente anche nella maniera indicata colla fig. 195. — Quando si fabbricano gli anelli, vi si sovrappongono de' contrafforti *A*, i quali si incavicchiano insieme, e vengono destinati a ricevere le braccia. L'ulteriore andamento della operazione è spiegato abbastanza dalla figura: osserveremo solamente che sarà utile collegare le braccia tra loro con un caviglione di ferro *B*, il quale da una parte è munito di capocchia e dall'altra è a vite.

Le ruote con braccia a cavalletto sono preferibili per stabilità a quelle che abbiamo descritte or ora, ma esigono una costruzione accuratissima.

§ 124.

Nelle ruote molto alte, segnatamente in quelle a cassette, e di fianco, l'usuale collegamento delle braccia non è sufficiente, cosicchè bisogna aggiungerle delle braccia di rinforzo e delle allacciature trasversali.

Questo si può eseguire in diverse maniere: noi ci limiteremo ad un paio di esempj.

La fig. 196 mostra una combinazione di braccia all'olandese per una ruota alta. Ora quivi, trattandosi soprattutto di non indebolire soverchiamente le braccia principali, perciò si fecero addoppiate e collegate a perfetto combaciamento; e le braccia di rinforzo sono semplici e incastrate nelle principali.

La fig. 197 è un'altra combinazione di braccia all'olandese addoppiate anch'esse, senza però che combacino. Le traverse che vi sono applicate, per le ragioni accennate di sopra, hanno un'intaccatura a poco più di mezza grossezza, come si vede benissimo in sezione, cosicchè le braccia sono intagliate soltanto due o tre centimetri, ed altrettanto le traverse.

Una diversa combinazione di braccia infilate nell'albero, con rinforzi e traverse, è rappresentata dalla fig. 198. Quivi pure le braccia sono doppie ed appaellate, come quelle della fig. 196, e le traverse vi sono inserite tramezzo.

Non ci dilungheremo ulteriormente a spiegare queste od altrettali concatenazioni di braccia, le quali come si è detto sul principio, si usano principalmente nelle ruote a cassette e in quelle di fianco. Abbiamo però procurato di darne col disegno una chiara e precisa idea.

§ 125.

Le ruote, o si completano definitivamente all'officina, o si mettono in prova soltanto, indi si scompongono, e si monta per prima la corona sull'albero.

Quest'ultima pratica è la più comoda per le ruote a palmette piane e senza fondo. All'atto della scomposizione tutti i pezzi devono essere marcati convenientemente. Il bisogno che si verifica spesso di scomporre le ruote per montarle sugli alberi, ed il modo di condursi in questa operazione, ebbero già sufficiente sviluppo nel § 105.

Le ruote a palmette piegate, e munite di fondo si completano volentieri all'officina, quando però sieno di tale portata da poterle montare intiere sull'albero. Comunemente però si fanno scomponibili anch'esse in due parti. Allora è necessario (§ 105, fig. 110) che le parti *ab* e *cd* dei due anelli sieno assicurate solamente a posticcio, perchè in tal modo all'occasione di scomporre la ruota, si ricacciano le cavicchie comprese in *ab* e *cd*, o si levano le viti, che poi si rimettono durevolmente, quando la ruota sia montata all'albero. Termineremo raccomandando la massima diligenza nel collegare e incavicchiare gli anelli, anzi vorremmo vedere generalizzato l'uso delle viti (§ 106) le quali rendono o più robusto e più comodo ad essere eseguito il lavoro.

CAPO NONO

Costruzione delle ruote componenti il meccanismo interno.

§ 126.

Le ruote del meccanismo interno di un mulino da grano sono particolarmente, come abbiamo veduto al § 9, le ruote *dentate*, a corona ed a stella, le *lanterne*, i *rocchetti*, i *pignoni* e le *gabbie*: le due ultime per lo più sono riservate ai mulini da fiume, che non formano parte del nostro trattato.

La grandezza di queste ruote considerate di per sè stesse, il numero dei denti, o dei fusi, e lo scompartimento, li supporremo noti, potendo bastare su di ciò quello che si è detto nel Capo quarto. Al § 10 e seguenti abbiamo insegnato a combinare queste ruote e imboccarle.

Gli anelli delle ruote a corona e di quelle a stella, ed i dischi, o segmenti delle lanterne e delle gabbie, si compongono colle norme del Capo settimo, cosicchè quivi non faremo parola nè della loro organizzazione, nè delle regole per determinare la lunghezza, la larghezza ed il numero dei quarti.

§ 127.

La fig. 199 rappresenta una delle usuali ruote dentate a corona, veduta in pianta di sopra e di sotto; la fig. 28 è l'alzato, e la fig. 29 lo spaccato di altra di queste ruote. L'anello è fatto di quarti in doppio: quelli di sotto sono tagliati a segmento di cerchio, e potrebbero chiamarsi *lunette*: questi come vedremo più innanzi, servono specialmente di rinforzo alle braccia, e danno anche maggiore robustezza a tutta la ruota, massime a lasciarle piene, come sono espresse in disegno. I quarti di sopra, per distinguerli dalle lunette, li chiameremo *arcali*. Del resto la ruota, fig. 199, è disegnata con denti nella parte *A*, e senza denti nella parte *B*. — *C* rappresenta un dente distaccato.

L'anello delle ruote dentate a corona, si fa ordinariamente con legname di rovere, e qualche volta, ma solo per quelle assai piccole, si adopera il faggio, perchè questo non si scheggia con tanta facilità, e quindi si può centinarlo meglio. Le ruote di faggio però devono essere sempre perfetta-

mente asciutte, onde non si corrompano. — Le braccia si possono fare di rovere, o di pino di qualità scelta. Il primo però è sempre preferito.

La grossezza degli anelli comunemente si tiene uguale al doppio della distanza dei denti; e la larghezza può farsi uguale anch'essa alla doppia distanza dei denti, coll'aggiunta di 2 centimetri e mezzo per le ruote a dentatura semplice, e di 5 per quelle a dentatura doppia, che conosceremo più innanzi. In questo modo l'anello di una ruota a corona coi denti ripartiti a distanze di 9 centimetri, sarebbe grosso 18 centimetri, ed avrebbe la larghezza di 20 centimetri e mezzo quando la dentatura è semplice, e di 23 centimetri, quando la dentatura è doppia. Non è però indispensabile di attenersi con soverchio scrupolo a queste misure, ma non bisogna altresì discostarsene troppo. La grossezza singolarmente è sempre buono che abbondi.

Le braccia ordinariamente si fanno grosse un intervallo, e larghe tre. In ogni caso poi, le braccia a stella si potranno tenere un po' più deboli, ma quelle a croce ed all'olandese si faranno piuttosto più robuste. Se le ruote sono assai grandi, si aumenta pure la grossezza, dacchè quella da noi stabilita, vale segnatamente per le sole ruote che abbiano di diametro dalli met. 1,80 alli met. 2,80.

La linea di spezzamento, o piuttosto d'inserzione, nelle ruote a corona si segna in mezzo alla larghezza dell'anello, cosicchè dato che sia il raggio di questa linea, per avere quello della periferia esterna non abbiamo che da aggiungervi la semilarghezza dell'anello; e per avere quello della periferia interna, si dovrà sottrarvi la semilarghezza medesima. Ciò non deve perdersi di vista singolarmente nel calcolare la lunghezza dei quarti di cui abbiamo trattato al § 98.

I denti sono composti di testa *a* e di radice; e quest'ultima è in due parti, l'una prismatica *b*, l'altra tonda *c*. — La testa è grossa $\frac{3}{7}$ d'intervallo, ed ha 10 o 12 millimetri di spalla per parte, cosicchè ogni dente è 20 o 24 millimetri più largo che grosso. La parte prismatica della radice ha di lato la grossezza del dente, e quasi la medesima lunghezza; la parte tonda è circonscritta precisamente alla quadra. Quest'ultima parte del dente tante volte non si tonda, ma si fa ottaugola, perchè così si incastra più saldamente.

Da ultimo, giova ripetere che nelle ruote dentate a corona, le unioni dei quarti devono cadere sul mezzo dei denti, e le braccia devono inserirsi precisamente su di uno, o fra due denti.

Le ruote dentate a corona si costruiscono a questo modo: ultimato che sia l'anello, e posto sul banco da ruote, incavicchiato e lisciato bastantemente alla pialla, si tracci con leggerezza e precisione la linea d'inserzione opq , fig. 200, col mezzo del solito compasso; indi col compasso a mano vi si scomparta il numero dei denti segnandone l'asse colla punta del compasso medesimo: questi segni di divisione sono distinti nella figura colla lettera a . Suddividasi poscia ciaschedun intervallo in sette parti come si vede da a' a b' , e tre di queste si diano alla grossezza del dente. Le stesse tre parti si dimezzino, e colla loro metà presa per raggio, si descrivano i circoletti b , i quali costituiscono la parte tonda dell'alveolo, o foro destinato a ricevere la radice del dente. Finalmente si conducano le linee m/n in direzione al raggio, e quindi le rs concentriche alla linea primitiva o d'inserzione, e tangenti ai circoletti b , e si avranno i quadrilateri c corrispondenti alla porzione prismatica della radice del dente.

Eseguito che sia il tracciamento, si avvia il foro in tondo per un centimetro o poco più addentro, con una sgorbia o scarpello di mezzo cerchio, indi si compie con un succhiello o *passatore*. Finalmente si intaglia collo scarpello augnato la parte quadra, e l'anello è allestito. Nella fig. 200 i fori d sono appena avviati; quelli e sono intagliati in tondo, e quelli f sono finiti perfettamente.

Tanto a delineare che a perforare le incassature dei denti, ci vuole molta attenzione ed esattezza, e quindi bisogna far uso di stromenti perfetti e bene affilati.

Sul compartimento dei denti è da notarsi che prima si divide il cerchio primitivo in quattro o sei parti, secondo che il totale dei denti è divisibile piuttosto per un numero che per l'altro, oppure secondo che la ruota vuol farsi a croce o a stella. Questo quadrante, o sestante del cerchio primitivo si suddivide in tante parti, quanti sono i denti da innestarvi. E se questi pure sono scomponibili in fattori, il compartimento riesce sempre più facile. — Per un esempio, se al quadrante o al sestante corrispondessero 15 denti, si comincerebbe a dividerli in tre parti, e ciascuna di queste si suddividerebbe in cinque: e se il quadrante dovesse avere 16 denti, si ripartirebbero più facilmente dividendo e suddividendo sempre per metà, per cui si avrebbero prima due divisioni di 8 denti, indi quattro da quattro, poi otto da due, e finalmente le sedici divisioni richieste.

Siccome la foratura non solo è faticosissima ma esige eziandio tutta la precisione, così per tenere il succhiello più diritto, e impedire che possa

deviare, si eseguisce l'operazione col mezzo di un apposito cavalletto, che vedesi delineato nella fig. 201. Il modo con cui è congegnato, si rileva dal disegno. Per adoperarlo, si unisce per di sotto al compasso da ruote, e di sopra si ferma con una grossa caviglia che si introduce nel foro vicino già preparato. Il cavalletto va fatto precisamente a misura della ruota da forare, quindi i due buchi successivi si possono eseguire introducendo prima il succhiello nel foro *b*, indi nell'altro *c*. Si sposta poscia il cavalletto portandolo due divisioni più avanti, cosicchè la cavicchia riesca nell'ultimo buco forato, e così si prosegue fino al termine della operazione.

Se il cavalletto non è fatto precisamente alla misura della ruota che si lavora, e non ha di preciso fuorchè la grandezza delle singole divisioni, assestato ed assicurato che si abbia convenevolmente al compasso, ad ogni buco bisogna mandarlo avanti, perchè due a due riescono sempre sovrapposti, ma quando i buchi sieno tre, sebbene la divisione sia di uguale grandezza, bene spesso sono situati assai diversamente sull'anello. A ciò si avrà riguardo segnatamente quando si voglia costruire una ruota nuova, e servirsi di un cavalletto già usato per un'altra che avesse le divisioni della stessa grandezza, ma fosse di raggio differente.

§ 129.

L'esperienza insegna, ed è facile anche il concepirlo, che quanto più le teste dei denti sono larghe, tanto meno si logorano, ed anche i fusi in cui si incastrano, durano maggior tempo, ed assicurano alle ruote un moto più costante di quello che si ottiene coi denti a testa smilza. Ingrossando solamente le spalle delle teste dei denti, questi si spezzano con facilità, come succede spesso anche indipendentemente da ciò. Si usano quindi talvolta i denti così detti a *incassatura* o ad *ugnatura*, perchè realmente si incassano nella grossezza dell'anello per due centimetri e mezzo abbondanti. Le spalle ossia il risalto laterale, che distingue la radice dalla testa del dente, può farsi largo due centimetri e mezzo ai tre centimetri, cosicchè le teste diventano da 25 a 36 millimetri più larghe, come nei denti delineati nella fig. 202.

La maniera di tracciare e scolpire i buchi di questi denti, si desume chiaramente dalle cose accennate di sopra, avendosi bisogno solamente di preparare l'incastro per i denti. Oltre alle linee indicate nel paragrafo antecedente e nella fig. 200, si tirano altresì, coll'ajuto del compasso da ruote, le linee *tu* e *vx* a misura della larghezza, che devono avere le teste dei denti: così restano determinati i quadrilateri *ghik* i quali formano il con-

torno della incassatura che si escava a scarpello. Questa operazione però va fatta dopo di avere preparato il foro del dente.

§ 130.

Si può fare un'altra specie di denti larghi, i quali cioè abbiano coda piatta di sezione rettangola: i buchi si preparano in corrispondenza, come è rappresentato nella fig. 203. Il tracciamento dei buchi, dopo quello che si è già detto, non presenta veruna difficoltà. Infatti ripartito che sia il numero dei denti sul contorno primitivo, e determinato il centro dei medesimi, si descrive il circolo a con raggio uguale a metà della grossezza del dente, indi si conducono in direzione al raggio le linee m, n , e col compasso da ruote, le linee rs , segnando prima tanto esteriormente che interiormente la semilarghezza della coda, e i quadrilateri che ne risultano, corrispondono alla grandezza dei buchi.

In prima si trivellano i buchi della misura tracciata col compasso, e si intaglia poi il rimanente a scarpello. Quest'ultima fattura non deve continuarsi lavorando sempre da una stessa parte, bensì bisogna eseguirla a rincontro, cioè rivoltando l'anello, e riportando a squadra sulla faccia opposta l'uguale tracciamento fatto di sopra, conforme si è già dimostrato colla fig. 159.

Alcune volte i denti si fanno della forma rappresentata della fig. 204, vale a dire colla coda che si va assottigliando verso la sua estremità inferiore. Questa avrebbe ragione di essere preferita, perchè indebolisce meno l'anello: per altro esige maggior accuratezza tanto nella preparazione dei buchi, quanto per la lavorazione dei denti. — I primi si fanno precisamente come insegna la fig. 203, dovendo solamente servirsi del modino A per lavorare i fianchi del buco a giusta inclinazione. — Le altre due facce del dente vogliono conservarsi parallele, senza di che non calzerebbe saldamente nell'incavo.

§ 131.

Le ruote a *doppia dentatura* o doppiamente perforate, così dette per distinguerle da quelle a *dentatum semplice*, o ad una sola foratura, si conservano maggiormente, ed hanno un movimento più dolce. Ne vediamo il disegno alla fig. 205. Girano sull'anello due fili di denti accoppiati due a due, in modo che ciascun paio raffiguri un sol dente; con questi si ottiene lo stesso effetto, che si aveva di mira coi denti larghi indicati nell'antecedente paragrafo.

Per fabbricare una di queste ruote, si conduca primieramente il circolo primitivo st , e vi si scompartano i denti. Trovati in tal modo i punti a , si tirino le linee kl in direzione al raggio. Quindi lateralmente a ciascun punto di divisione a si marchino i punti $b, b \dots$ ragguagliati alla metà grossezza dei denti, la quale grossezza, come già si è detto, deve essere $\frac{3}{7}$ della loro reciproca distanza; e si tirino le linee mn , anch'esse in direzione del raggio. Finalmente si segni ai lati del contorno medio st la larghezza della spalla assegnata ai denti, o ciò che è lo stesso, metà dell'intervallo delle radici di una coppia di denti, colla metà della loro grossezza ab , tanto all'infuori che all'indentro, e si conducano gli archi $n v$ ed $n z$ i quali determineranno le linee degli assi c dei denti. Da questi, con raggio cd , si descrivono col compasso a mano i circoletti che rappresentano la grossezza dei denti. E producendo poscia tangenzialmente a questi le linee fg , resta tracciata anche la parte rettangolare delle incavature dei denti.

Queste incavature si lavorano precisamente come si è detto al § 128, solamente dobbiamo avvertire che bisogna servirsi di due foratoj di perfetto calibro.

La dentatura esterna volgarmente dicesi *dentatura di sopra*, e l'interna, *dentatura di sotto*. Le spalle di questi denti si fanno da $\frac{1}{5}$ ad $\frac{1}{7}$ incirca d'intervallo, cioè 12 a 18 millimetri, per cui l'incavo dei denti di sopra dista di 24 a 36 millimetri da quello dei denti di sotto.

Le prerogative delle ruote a doppia dentatura, in confronto di quelle a dentatura semplice, ma con denti di testa larga, come quelli del paragrafo antecedente, consistono singolarmente in questo, vale a dire, che gli anelli delle prime colla foratura riescono meno tormentati e indeboliti di quelli delle seconde, come si può riconoscere facilmente confrontando insieme le fig. 203 e 205 le quali hanno i denti ugualmente larghi in testa. I denti doppj poi si mantengono più fermi di quei semplici a testa larga, i quali sono facili anche a spaccarsi. Per ultimo i denti piccoli sono più facili da lavorare con legno di uniforme durezza di quei larghi, ritenendo sempre che si vogliano preparare col metodo già altrove raccomandato.

Non occulteremo che alcuni pratici, e tra questi l'Hoffmann, si dimostrano contrarj alla doppia dentatura (1).

(1) Hoffmann, *Appendice alla Architettura dei mulini*, § 56.

Le braccia di queste ruote si collegano come quelle delle ruote d'acqua. Si distendono egualmente sul bancone e si applicano per di dietro in modo che riescano al pari colla faccia anteriore delle lunette, incastrandole ezian-
dio circa un centimetro, o poco più nella faccia posteriore e due centime-
tri e mezzo sulla costola interna. Una spina di legno, od una caviglia di
ferro a vite passata traverso alle braccia ed alle lunette, serve a mante-
nerle saldamente unite. Nella fig. 206 e nelle antecedenti si è procurato di
rappresentare con chiarezza il descritto collegamento delle braccia.

La fig. 207 è una ruota dentata a corona, colle braccia a stella, quivi
non abbiamo altro da osservare, se non che le lunette di simili ruote, de-
vono farsi di larghezza piuttosto generosa; e per dar loro aspetto grade-
vole e svelto, ordinariamente si scantonano, come dimostra appunto la fi-
gura testè rammentata.

Per unire le braccia incrociate, si ha un modello nella fig. 208.

Le braccia intelajate, od all'olandese nelle ruote di quattro pezzi, si
congiungono come indica la fig. 209, ed in quelle di sei pezzi, si uniscono
come nella fig. 210, studiando singolarmente che cadano proprio o sul
mezzo di un dente, o nell'intervallo di due. — Questo si ottiene senza
difficoltà, dappoichè tra l'albero e la braccia si lascia sempre un agio di
12 a 25 millimetri. In entrambi i casi, il buco del dente deve essere pro-
dotto a tutta la grossezza del braccio, in modo che il dente quando è con-
fitto debba sporgere circa cinque centimetri per potervi passare attraverso
una spina che gli impedisca di tornar fuori.

Se le ruote dentate a corona sono molto grandi, o devono sostenere uno
sforzo sensibile, si rinforzano con saette o sargozzoni, come nella fig. 213,
perchè non si dissestino. — Questo è necessario specialmente per le brac-
cia all'olandese. Se le braccia sono a croce od a stella, le saette si cal-
zano contro le braccia stesse; se sono all'olandese, e la ruota sia fatta di
quattro pezzi, ordinariamente si puntellano alle lunette, come nella fig. 214;
ma se la ruota con simili braccia fosse in sei pezzi, allora le saette biso-
gna calzarle alle braccia. D'ordinario in questo caso, ogni braccio è ma-
nito della sua saetta.

Nelle ruote di questo genere composte di otto o più pezzi, che però
sono rare, e senza un bisogno devono evitarsi, si mettono delle braccia au-
siliarie, le quali possono collegarsi nella stessa maniera additata al § 124.
Inoltre ogni braccio può essere rinforzato con una o due saette, giacchè
le ruote a corona sono soggette a sconcertarsi tanto più facilmente, quanto
più sono alte.

La fig. 215 rappresenta una delle usuali *ruote stellate*, od a *denti in testa*. L'anello ossia la corona è a doppio ordine di quarti dove sono alternatamente incastrati i denti. Questo è un artificio che fu immaginato onde dare maggiore robustezza alle parti del legno interposto ai buchi dei denti, mentre incastrando i denti secondo la fig. 216 i piccoli pezzi di legno che separano un buco dall'altro, sono facili ad essere spezzati.

Gli anelli delle ruote stellate ordinariamente si fanno grossi e larghi il doppio di una suddivisione: queste dimensioni poi si suole diminuirle alcun poco nelle ruote che non devono esercitare molta forza, e si aumentano invece nelle altre che si trovano in opposta condizione. Le braccia incastrate doppiamente o sulle due facce, si fanno grosse una suddivisione, e larghe da 35 a 50 millimetri di più; cosicchè le due braccia prese insieme hanno di larghezza due divisioni e mezzo e fino tre.

I denti sono prismatici: i fianchi delle loro radici corrono al centro della ruota, e gli altri due lati sono paralleli tra loro. Le spalle delle teste sono larghe come nelle ruote a corona.

Anche le ruote stellate ordinariamente si costruiscono con legno di rovere, eccetto quelle assai piccole che si fanno anche di faggio. Quest'ultimo però bisogna guardarsi bene che non sia esposto all'umido. Le braccia possono essere di rovere, ed in caso di necessità anche di pino; e in quanto alla disposizione, si sceglierà fra le tre accennate quella che si giudicherà più a proposito secondo le circostanze. Le braccia a stella si tengono ordinariamente 12 millimetri più magre della grossezza assegnata superiormente: le altre invece si tengono piuttosto un momento più abbondanti. Quando la ruota sorpassa li met. 2,80, od è soggetta a scosse violenti, si aumenta ragionevolmente la grossezza delle braccia.

Comunemente si calcola che i denti delle ruote stellate, come nella figura 217 abbiano a ingranare circa $\frac{2}{3}$ della loro lunghezza (la quale si fa $\frac{2}{3}$ a $\frac{3}{4}$ di una suddivisione) e proporzionatamente alla periferia della ruota. In questo punto quindi dovrebbe cadere la linea, o periferia dello scompartimento, ossia la linea di contatto. Siccome però nel comporre la ruota, è sulla corona che si opera la suddivisione, così è necessario che questa nella lanterna sia più grande, come appunto riesce, in corrispondenza alla linea di contatto dei denti. La differenza di grandezza di una suddivisione misurata sulla corona, alla sua omologa misurata sulla linea di contatto, noi la chiameremo *allungamento* o *sporgenza*, e questo allungamento va aggiunto alla suddivisione trovata sulla corona, per avere quella competente

alla rispettiva lanterna. Il metodo grafico, con cui si determina l'allungamento, verrà indicato allorchè parleremo della struttura delle lanterne.

È però meglio dedurre dal diametro calcolato della ruota a stella la larghezza tra la periferia ed il punto di contatto dei denti, ossia due volte due terzi della lunghezza della testa del dente, e diminuire di altrettanto la corona della ruota. Così, in via d'esempio, se il diametro di una ruota a stella con 80 denti spazeggiati a distanza di 12 centimetri si troverà col calcolo (§ 55) di metri 3,06, e le teste dei denti dovranno essere lunghe 8 centimetri, il diametro del contorno esterno della ruota sarebbe da farsi

$$2 \cdot \frac{2}{3} \cdot 8 = 106 \text{ millimetri più piccolo, ossia soltanto di metri } 2,954.$$

Nell'eseguire la lanterna, poi si può mantenere lo stesso intervallo. Questa procedura si segue raramente, quantunque per vero dire, sia meno soggetta ad errori delle usuali, in cui si tien conto dell'allungamento.

Siccome il compartimento di una ruota stellata è difficile a bene effettuarlo sul lembo della periferia della corona, e d'altronde torna lo stesso a farlo in tutt'altra situazione, purchè abbia la conveniente grandezza, ed il numero dei denti prefisso, perciò si traccia d'ordinario la linea del compartimento con raggio arbitrario sulla faccia della corona e vicino alla stessa periferia.

§ 134.

Dopo di avere congiunti i quarti di una ruota a stella, e di averne incaricciate a posticcio le giunture, perchè la corona si deve scomporre di bel nuovo, si pialla a perfezione, e col compasso si segna la linea del compartimento *st*, fig. 218, e su questa si marca il numero dei denti, come si è fatto colle ruote a corona, al cui proposito si ricorda un'altra volta, che deve cadere un dente ad ogni giuntura. Determinati in cotal modo i punti *a, a*, ecc. si suddivide anche quivi l'intervallo in sette parti uguali e se ne assegnano tre alla grossezza del dente. Poesia la metà di queste tre parti si porta da *a* verso *b* e pei punti *b* si fanno passare le linee *m n*, concorrenti al centro della ruota, le quali determinano la direzione e la larghezza dei buchi dei denti. Ma siccome questo delineamento deve farsi sulle due facce combacianti dei due anelli che compongono la corona; perciò si riportano i punti *m* sulla faccia convessa della corona, ed i punti *n* sulla concava colla squadra, o col regolo *a T*, come dimostra la fig. 159, indi disunita la corona, è facile a congiungere con linee rette, mediante una riga, i punti omologhi segnati sulle facce contrapposte degli anelli, e

ad intagliare in seguito i denti. Prima pertanto di scomporre di nuovo la corona, si segneranno e si formeranno i buchi delle cavicchie che restano al complemento, e si faranno le solite marche di riunione. È bene eziandio distinguere le delineate imposte dei denti con numeri perchè così non si ha tema di errare nell'incavarle.

Dopo di avere scomposta la corona, si segna con un graffietto, come alla fig. 160, tanto sulla superficie convessa, quanto sulla concava lo spessore dell'incastro dei denti: quindi si intaglia tale grossezza colla sega, si escava il legno a colpi di scarpello, indi si lasciano i buchi colla pialla. La figura 220 rappresenta due pezzi di anelli ai quali non manca che congiungerli.

Quando sono ultimati i buchi dei denti, si ripone la corona sul bancone, s'incavichia a dovere, e si ripassa nuovamente colla pialla, per togliere le protuberanze delle cavicchie: in tal modo quando abbia le braccia sarà ultimata.

§ 135.

Anche i denti delle ruote stellate conviene farli a testa larga. Nelle specie di ruote suddescritte, le radici dei denti non occorre che si tengano molto più larghe della grossezza della testa, altrimenti i quarti riescono troppo deboli, in conseguenza del maggiore incavo. Se le divisioni hanno 12 centimetri di lunghezza, la testa del dente sulla corona sarà grossa solamente 12. $\frac{3}{7} = 5,14$ e quindi la lunghezza delle radici non dovrà

essere maggiore di centimetri $5 \frac{1}{7}$ prossimamente: e facendo le spalle di 12 millimetri, la testa del dente risulterà larga 7 centimetri e mezzo incirca.

Perciò le ruote a stella si fanno anche conforme alla fig. 221, dove è intagliata alternatamente in un anello tutta, e nell'altro sola la metà della grossezza del dente, di modo che la sua radice può essere larga una volta e mezza quanto è grosso il dente in testa.

Il metodo di fabbricare queste ruote si rileva chiaramente dal precedente paragrafo; e considerando attentamente i disegni, si vede subito che qui pure non si ha a temere che si spezzino gli incastri, perchè i denti sono stretti non solo dalla spalletta *a b*, ma anche dalla grossa spalla *c d*.

Questa specie di ruote è raccomandabile singolarmente per quei meccanismi che non devono operare sforzi straordinari; ed anche in questo caso,

quando sieno costrutte bene, e colla debita robustezza, si adoperano spesso a preferenza di quelle a dentatura doppia, di cui ora parleremo, giacchè queste esigono una costruzione accuratissima, ed un diligente trattamento.

§ 136.

Le ruote a stella, che devono agire con forza, o che sono soggette a scosse violenti e ripetute, si fanno qualche volta a doppia dentatura, conforme alla fig. 222. La corona è composta di un triplice ordine di anelli; la sua grossezza, non occorre che oltrepassi di 12 millimetri il doppio di un intervallo.

Ordinariamente tra i fori di due denti accollati si lascia un distacco di 36 millimetri, cosicchè le spalle dei denti risultano di 18 millimetri ciascuna. Se l'intervallo dei denti è minore di 12 centimetri, questo distacco può tenersi alquanto più breve, e nel caso opposto si terrà un pochetto più grande. — Le radici dei denti saranno larghe quanto la testa. — Quando la misura dell'intervallo sia come quella da noi indicata, si lascia nel mezzo una grossezza viva di 36 millimetri, e dalle parti di cinque centimetri; le quali grossezze si aumentano o si diminuiscono secondo che cresce, o scema la misura dell'intervallo: dietro tali supposti si può determinare facilmente la grossezza de' tavoloni che occorrono. Così per esempio ritenuto l'intervallo più volte indicato di 12 centimetri, la grossezza e larghezza della radice dei denti risulterebbe di $12 \cdot \frac{3}{7} = \text{centim. } 5,14$,

ossieno centimetri $5 \cdot \frac{1}{7}$ prossimamente, il che è abbastanza preciso per determinare la grossezza dei tavoloni. Quindi il tavolone per l'anello di mezzo dovrebbe essere grosso centim. $3,6 + 5,14 = 8,74 = 8 \frac{3}{4}$ prossimamente e quelli per gli anelli laterali cent. $2,5 + 5,14 = 7,64 = 7 \frac{3}{5}$ incirca. — Siccome poi non è rigorosamente necessario che i denti sieno incastrati alla stessa misura sia nel tavolone di mezzo come nei laterali, così basterà tenere la grossezza di ciascuno dei tre tavoloni di 8 centimetri abbondanti: e poichè non sempre riesce di poter segare i tavoloni della grossezza precisa, si avrà l'avvertenza, nell'unirli, di serrare il più grosso nel mezzo.

L'andamento della costruzione è uguale in tutto a quello già insegnato al § 134, eccetto che quivi gli anelli da unire sono tre, e i denti sono impernati in ciascuno di essi.

Per la costruzione di queste ruote si deve osservare che i tavoloni

Queste ruote diligentemente costrutte, durano moltissimo, e lavorano lungamente senza bisogno di rinnovare con troppa frequenza i denti. Del resto, il difetto che loro si attribuisce di avere le spalle degli incastri dei denti troppo deboli e facili a schiantarsi, è affatto illusorio. Esse non sono meno resistenti di quelle delle ruote a corona, giacchè è ben vero che consistono in pezzetti di legno lunghi da 6 ad 8 centimetri, ma sono larghi altresì due centimetri e mezzo ed anche tre, oltre di che tutta la pressione del dente è scompartita su quattro di questi pezzetti, e quindi non possono i medesimi esser distaccati dal resto del legno con tanta facilità.

Vogliamo ancora avvertire che si fanno pure delle ruote stellate a doppia dentatura, con anelli solamente addoppiati, e i buchi dei denti si forano nello stesso modo di quelli delle ruote a corona. I denti anch'essi assumono la forma che hanno di solito in queste ultime. A fabbricare queste ruote, si congiunge e s'incavicchia saldamente addirittura la corona, non essendovi bisogno altrimenti di scomporla di nuovo. Dopo quello che si è già detto sulla costruzione delle ruote a corona ed a stella, crediamo che non vi debbano essere altre difficoltà: osserveremo appena che il succhiellamento si eseguisce meglio montando prima la ruota sull'albero, o sopra apposito ordigno. Si fora quindi a perpendicolo, o piuttosto col mezzo di un congegno somigliante al cavalletto indicato per le ruote a corona; colla diversità che questo deve incurvarsi sulla convessità della ruota a stella. La foratura poi deve farsi con molta diligenza.

Un'altra qualità di ruote stellate, a denti larghi, è quella col setto degli incastri frammesso, fig. 223; vale, a dire che tra gli anelli hanno inseriti dei tasselli che fanno spalla ai buchi dei denti: ad ogni coppia di denti corrisponde un paio di cavicchie, le quali tengono insieme gli anelli e i tasselli. A questo modo i denti si possono far larghi quanto si vuole.

Nel comporre la ruota, è meglio unire insieme prima i due anelli senza frammettervi i tasselli, incavicchiandone a posticcio le giunture. Poesia si segna lo scompartimento della dentatura nel modo indicato al § 134, e le linee di divisione come si è fatto nella fig. 224 si prolungano sulle facce incurvate della corona. Quando si abbia tracciato il tutto a dovere, e che si sieno numerizzati i denti per distinguerli meglio, si disgiungono di bel nuovo gli anelli, vi si intagliano gli incastri profondi 9 a 12 millimetri, e si impongono esattamente i tasselli, come è dimostrato dalla fig. 225. Questi tasselli, allorchè si incastrano, è bene lasciarli sporgere tre buoni centi-

metri dalla periferia esterna degli anelli, affine di poterli tanto più saldamente calzate nel ficcarli addentro. Per la stessa ragione gli incastri si fanno alcun poco accampinati, o come si vuol dire, a coda di rondine.

A questo modo si commettono gli anelli coi tasselli, avendo l'avvertenza di curare che non avvengano sbagli; si trasforano quindi i tasselli che corrispondono alle giunture, e si incavicchiano a permanenza; e lo stesso si pratica successivamente per tutti gli altri. Finalmente si adeguano quelle parti dei tasselli che sporgono internamente o esternamente dalla corona, alla quale più non mancano che le braccia per essere compita.

Queste ruote vanno eseguite colla massima diligenza e precisione. Se ne vedono spesso di quelle che sono scontorte, od hanno i denti male alligati.

Se sono ben lavorate, durano discretamente; però non possono stare al paro colle precedenti. Se i tasselli sono larghi solamente 10 od 11 centimetri, i fori dei denti riescono di 8 o 9, e colle ruote indicate al § 135 si può ottenere la stessa larghezza, ed una struttura più solida. Se i tasselli sono più larghi, cioè di 16 o 18 centimetri, allora le ruote diventano già troppo deboli per sostenere scosse violente, o sforzi rilevanti, e vogliono preferirsi quelle del paragrafo antecedente, a doppia dentatura. Inoltre i denti impernati nei tasselli non riescono così saldi come quelli conficcati nelle incavature tagliate precisamente nel corpo della corona, perchè il legno, soggiacendo alle vicissitudini delle arie secche ed umide, si scontra e si contrae notabilmente sulla direzione trasversale degli anelli annuali, mentre sulla direzione longitudinale si mantiene pressochè invariabile. I tasselli si restringono alcun poco anche nel caso che la ruota debba lavorare stentata, ovvero sia che non molleggi bene. I denti assai larghi poi, si rompono facilmente; come abbiamo già osservato parlando delle ruote a corona; e crollano a pezzi. L'unico merito delle ruote a tasselli in confronto di quelle a dentatura doppia, è di avere i tasselli che non possono saltar fuori: ma siccome l'accennato difetto coll'attenzione può togliersi anche nelle ruote a doppia dentatura, perciò questo solo merito non basta a compensare le altre qualità vantaggiose che vi abbiamo ravvisate.

Per le ruote a tasselli si fa uso comunemente di tavole di rovere grosse 7 ad 8 centimetri. I tasselli possono farsi ugualmente con legno di rovere, e sulla ruota deve stare mai sempre all'asciutto; si potrà adoperare molto opportunamente anche il legno di faggio. I tasselli devono essere di perfetta stagionatura, ed è ben fatto, dopo averli digrati, di metterli per qualche tempo in una stufa a seccare.

Le ruote stellate, quando sono soggette a sforzi significanti, o ad urti, si fortificano alle articolazioni con leghe lavorate a coda di rondine, fig. 226, le quali si impostano per tutta la loro grossezza (che è circa 9 millimetri) nel vivo degli anelli. Quantunque debba farsi poco conto delle leghe, non è però a negarsi che esse, col mezzo delle viti o chiavarde che vi sono annesse, collegano a maraviglia gli anelli, alle cui giunture sono applicate, cosicchè non si deve più temere che possano facilmente sconcertarsi. Quelle leghe che abbracciano una sola divisione, giovano poco; per cui se una forza qualunque violentasse i quarti, quel picciol tratto di legno tra le viti e l'unione, si spezzerebbe con facilità, oppure si scontrerebbero le viti stesse nel legno. Le leghe di legno conformate parimenti a coda di rondine, che spesso si vedono praticate nel modo rappresentato dalla fig. 228, sono ancora meno opportune per dar sesto e saldezza alla compage della ruota.

Anche nelle ruote a corona si usano talvolta, benchè di rado, le allacciature di ferro per corroborare le giunture. Per lo più si adoperano degli arpesi, o grappe, che si infiggono alle unioni sopra e sotto ai denti, in modo che colle loro punte tocchino le prime cavicchie, come si vede nella fig. 229. È però meglio servirsi di bandelle di ferro della spessezza di sei a nove millimetri, le quali si incastrano a raso nel legno, nel modo rappresentato dalla fig. 230: esse devono abbracciare tre divisioni come si è detto delle piastre o leghe a coda di rondine, e i fori si regoleranno in guisa che le chiavarde traversino precisamente il posto delle cavicchie: le chiavarde dovranno essere di testa piatta più che sia possibile, onde la ruota non sia impedita nella sua azione.

Le allacciature di ferro con cui si fortificano le articolazioni dei membri componenti le ruote dentate, dovrebbero essere sbandite in quelle di nuova costruzione, essendo scusabili soltanto nel caso che non si possa assolutamente far conto di legname buono: benchè anche questo male il maggior numero delle volte sia colpa di coloro che dovrebbero pensare a provvedere in tempo il legname conveniente ai bisogni del mulino, od anche dello stesso proprietario che non conosce i suoi reali vantaggi. Il modo di applicare queste leghe, quando, e perchè, verrà spiegato allorchè parleremo dei restauri da farsi intorno ai mulini.

§ 139.

Le ruote a stella orizzontali, o vuol dire, che girano in piano, per lo più si collegano con segmenti o lunette, come quelli delle ruote a corona, e secondo è dimostrato dalla fig. 231. Comunemente queste lunette, nelle quali si incastrano le braccia, si tengono due centimetri e mezzo più grosse dei quarti degli arcali, ossia dei quarti costituenti l'anello propriamente detto. I denti sono innestati a muta nelle lunette e negli arcali, e gli incastri nelle lunette sono scolpiti a profondità di due centimetri e mezzo all'incirca, come vedesi nella fig. 232 per aver agio all'occasione, di estrarre i denti contenuti nei quarti. La struttura indicata al § 135 è la più adattata a questo genere di ruote.

Le braccia anch'esse si collegano come quelle delle ruote a corona, ed hanno ordinariamente dei saettoni, i quali, spesso si pongono per disopra, dove le circostanze impediscono di fare diversamente; questi saettoni in tal caso possono chiamarsi *ritegni*, e fanno l'ufficio di *suspensorj*. Se la ruota non è grandissima, i ritegni si fanno con spranghe di ferro.

§ 140.

Le braccia delle ruote a denti in testa, secondo le circostanze, si possono fare a stella, a croce, od all'olandese. Esse si intaccano da tuttadue le parti, come nella fig. 233, lasciando tra loro un distacco di dodici millimetri incirca, affinchè, al caso che si dovessero levare, si possano stringere di nuovo a dovere. Inoltre sono incastrate da 9 a 12 millimetri tanto sui fianchi, che sulla faccia interna della corona. Le due braccia poi sono collegate alla corona con una chiavarda di ferro, od anche solamente con una spina di legno.

Nelle ruote stellate, più che nelle altre qualità di ruote, si preferiscono le chiavarde alle spine di legno.

Il modo di congiungere le braccia, ripartirle e segnarle sulla ruota, è già stato indicato quando si trattò della costruzione delle ruote d'acqua, cosicchè non staremo a ripeterlo.

Le braccia all'olandese, siccome è quasi impossibile, toltone le ruote grandissime, che non vengano ad incontrarsi obliquamente sui denti; per questo, nel coordinarle, si avrà soprattutto la mira di procurare che la chiavarda passi possibilmente frammezzo a due denti, cosicchè questi non rimangano impegnati colle braccia, e possano anzi cavarai a piacimento e senza ostacoli. Per ottenere questo intento, basterà in molti casi scarnare

alcun poco le braccia al sito dove corrisponde la radice del dente. Nella fig. 234 è delineata una ruota stellata, colle braccia all'olandese.

Se poi mancasse lo spazio, o si affacciassero altrettali difficoltà, si potrà scusare con braccia semplici ed innestate da una parte sola. Quando la ruota non abbia da reggere a grandi sforzi, si fa conforme alla fig. 235, avvertendo però che il braccio deve essere largo da 5 ad 8 centimetri più che non è grossa la corona.

Le ruote invece che devono opporre notevole resistenza, si organizzano nel modo dimostrato dalla figura 236, cioè si collega la corona alle braccia con chiavarde e con cartellette di ferro. Queste ultime si fanno anche a coda di rondine, e si incastrano tanto che pareggino colla superficie della ruota. Le teste delle chiavarde devono perciò riescire a contrasto colle cartellette, e le rosette o madrevisi col piano del braccio. È una buona pratica quella di interporre tra il legno e le madrevisi una piastrella di metallo, od anche una sottile cartella per impedire che non piaghino soverchiamente il legno. Questo non dovrebbe ommettersi mai, soprattutto allorchè le braccia sono di pino.

Alle ruote di congegno robusto, e che abbiano ad avere una faccia piana, si applicano le braccia addoppiate come alla fig. 237 e si collegano appunto con alcuno degli artificiali sussidj riferiti di sopra.

Se nel combinare le braccia si avrà osservata la dovuta esattezza, sarà sempre minore il pericolo, che la ruota possa scompaginarsi.

Quelle ruote stellate che per un motivo qualunque dovessero avere le braccia più internate da una parte, si disporranno come le ruote a stella orizzontali rappresentate dalla fig. 231.

Le lanterne, fig. 238, sono composte ordinariamente di due dischi o rotelle, in cui si infiggono i fusi o bastoni. Ciascuna rotella è combinata a doppia mano di quarti, i quali dalla parte interna non sono rotondati.

I nostri meccanici chiamano *gavelli tondi* i quarti tagliati in curva tanto esternamente che internamente, e *gavelli quadri* gli altri.

Quando le rotelle non sono fasciate con anelli di ferro, come nella citata figura, devono tenersi più grandi in modo che tra i fori e la periferia esterna vi sia ancora una distanza di 6 ad 8 centimetri.

I fori dei bastoni si incavano da una rotella in tondo, e dall'altra in quadro: la parte tonda è fatta per poterli inserire od estrarre senza smontare le rotelle dall'albero, o distaccarne le braccia, e la quadra serve ad

impedire che girino. Se non vi sono ragioni per operare diversamente si alternano nelle rotelle i fori quadrati ai tondi, come è rappresentato nella fig. 238; ma se le circostanze richiedessero, a motivo per esempio dello spazio da lasciarsi in giro alla lanterna, che i fusi si avessero a impernare solamente da una parte, allora si recherà minor danno alla robustezza della lanterna se i fori si faranno tutti tondi in una rotella, e quadrati nell'altra. Ogni rotella è munita di un semplice ordine di braccia, o in altri termini, la lanterna ha doppie braccia.

Le rotelle si fanno grosse comunemente 8, o 10 centimetri, cosicchè vengono formate con assoni di 4 o 5 centimetri. Quella falda in cui si incastrano le braccia, sarà meglio tenerla da 6 a 12 millimetri più grossa dell'altra.

Le braccia saranno grosse 8 o 9 centimetri, e larghe 10 o 12, e potranno foggarsi a scelta in qualcuna delle tre maniere insegnate. La combinazione a stella però si usa di raro nelle lanterne, perchè è anche raro che le rotelle si compongano di sei pezzi per falda. Questo si verifica solamente nelle lanterne molto grandi, le quali nei mulini da grano non occorrono quasi mai.

Le rotelle e le braccia della lanterne si possono fare con legno di rovere o di larice: il primo però merita sempre la preferenza.

§ 142.

Fu detto già al § 133 che il compartimento della lanterna deve essere identico a quello che corrisponde alla linea di contatto dei denti della ruota a stella con cui imbocca: il primo pertanto dovrebbe essere maggiore di quello della ruota a stella riferito al contorno della corona. Nello stesso luogo fu detto parimenti che conviene fare la corona della ruota a stella più piccola di quanto equivale alla lunghezza della testa del dente, tolta questa dal lembo esterno della corona, al punto di contatto dei denti, e quindi ritenere il compartimento adottato, anche nei computi relativi alla lanterna.

Questo andamento per altro, non è guari osservato, bensì pigliasi il compartimento della lanterna maggiore di quello della ruota a stella, di quanto pressappoco equivale alla sporgenza, e sulla corona di quest'ultima si conserva la divisione data dal calcolo.

Il meccanico ha diverse regole per determinare graficamente la sporgenza, alcune delle quali sono false, altre facili ad indurre in errore, trattandosi di dover coll'ordinario compasso a mano ricavare misure piccole da misure grandi. La migliore di queste costruzioni grafiche, è la seguente, della cui intrinseca esattezza, è facile il persuadersi. Si prenda una tavola

piana, e pulitamente piallata, e su di essa si tiri una linea ac , fig. 239, della quale si tagli la parte bc uguale al raggio della ruota stellata. Dal punto b si segni sul prolungamento di cb la bd uguale a $\frac{2}{3}$ della lunghezza della testa del dente, e si elevino da b e d le perpendicolari bf , e de . Si faccia bf uguale al compartimento dei denti della ruota a stella, e si conduca la cf , la quale si prolunga fino in e : dico che la ed rappresenterà il compartimento della lanterna; ovvero, tirando la gf parallela alla db , la ge indicherà la sporgenza, ossia l'allungamento di cui si tratta.

Per quanto sia esatta una tale costruzione, si vede facilmente qual grado di confidenza si debba accordarvi, allorquando anche il diametro della lanterna si volesse determinare col metodo grafico insegnato al § 55. Sarà meglio adunque trovare col calcolo anche il diametro della lanterna.

Contrassegnino pertanto

s La lunghezza della testa di un dente della ruota stellata;

μs La lunghezza medesima dalla periferia al punto di contatto;

D Il diametro della ruota stellata;

t Il compartimento sulla periferia della ruota medesima;

t' Lo stesso al punto di contatto dei denti; ed

a Il numero dei denti;

e sarà (§ 55)

$$at = D\pi; \text{ ed}$$

$$at' = (D + 2\mu s)\pi = D\pi + 2\mu s\pi,$$

ossia

$$at' = at + 2\mu s\pi.$$

cosicchè il compartimento al punto di contatto dei denti risulta

$$t' = \frac{at + 2\mu s\pi}{a} = t + \frac{2\mu s\pi}{a}$$

epperchè anche la sporgenza

$$\frac{t'}{a} = \frac{at}{a^2} + \frac{2\mu s\pi}{a^2} = \frac{t}{a} + \frac{2\mu s\pi}{a^2}.$$

Pongasi al solito

$$s = \frac{3}{4}t, \text{ ed } \mu = \frac{1}{3} \frac{2}{3}$$

e si avrà

per cui si trova il compartimento sulla linea di contatto dei denti, espresso da

$$t' = t + \frac{ts}{a} = t \frac{a+s}{a}$$

e la sporgenza

$$t' - t = \frac{ts}{a}$$

Siccome poi t' deve essere il compartimento della lanterna, così con questo dato, e con quello del numero dei fusi, combinati coi principj del § 55, si potrà calcolare il diametro della lanterna.

Il diametro della lanterna però si può trovare anche con metodo più agevole, e senza bisogno di calcolare prima il compartimento dei fusi, desumendolo dal noto teorema geometrico con cui è dimostrato che i diametri di due cerchi, e per noi di due ruote, stanno come le circonferenze rispettive, oppure (per essere uguale il compartimento) come il numero dei denti sta a quello dei fusi.

Conservando quindi le già ammesse denominazioni, e chiamato inoltre:

d Il diametro della circonferenza primitiva, ossia della linea di contatto della lanterna, e

b Il numero dei fusi,
si avrà la proporzione

$$D + 2\pi s : d :: a : b$$

da cui si ricava il diametro della lanterna

$$d = \frac{b}{a} (D + 2\pi s)$$

pongasì

$$s = \frac{3}{4} t \quad \text{ed} \quad \pi = \frac{2}{3}$$

per cui

$$\pi s = \frac{2}{3} s = \frac{2}{3} \cdot \frac{3}{4} t = \frac{1}{2} t$$

ed il diametro della lanterna diventa

$$d = \frac{b}{a} (D + t)$$

Applicazione. Una ruota stellata con 80 denti ripartiti sul suo contorno alla distanza reciproca di centimetri 12 tolta da centro a centro, e quindi col diametro corrispondente alla periferia della corona di met. 3,06, deve

ingrattare con una lanterna di 48 fusi: si domanda quale sarà il diametro di quest'ultima.

Qui vi abbiamo $a = 80$, $b = 48$, $D = 3,06$, e $t = 0,12$; dimodochè il diametro della lanterna sarà:

$$d = \frac{48}{80} (3,06 + 0,12) = \text{met. } 1,88.$$

Se i fusi della lanterna di cui si tratta si volessero invece ripartire a distanze precise di 12 centimetri, si troverebbe il suo diametro colla formola del § 55 espresso da

$$d = 0,3183. 48. 0,12 = 1,83.$$

Ma in questo caso la corona della ruota a stella dovrebbe essere più piccola, cioè di soli met. 2,954 (§ 133).

§ 143.

Le rotelle delle lanterne si lavorano sul banco delle ruote. Circa al metodo di comporre e incavocchiare i quarti; per la divisione e tracciamento dei fusi e per la lavorazione dei buchi, si seguono in tutto e per tutto le regole che furono dimostrate parlando della costruzione delle ruote a corona.

Composta pertanto che sia una rotella, piallata, e tracciato il cerchio primitivo, vi si scompartono i fusi, come nella fig. 240, avvertendo che le giunture devono sempre cadere sull'asse di uno dei fusi. Poscia si suddivide un intervallo in due parti uguali, ed una di esse determina la grossezza del fuso, che si segna col compasso a mano, come è indicato dai circoletti b, b della preallegata figura: finalmente si tracciano i quadretti per quei fusi che devono essere incastrati a maschio quadro, tirando le linee circolari rs , ed in seguito le m, n sulla direzione del raggio, e ciò col mezzo del solito compasso da ruote. I fori così delineati si incavano; quelli tondi con trivella di conveniente misura, avviando prima il foro, per un centimetro almeno, con una sgorbia; e quelli quadri si scolpiscono collo scarpello. Anche questi ultimi si possono preparare con una trivellina sottile, la quale non tocchi le pareti dei buchi, e in questo caso bisogna lavorare anche dirinecontro, altrimenti la rotella arrischierebbe di essere facilmente rovinata. Se non si ha una trivella di preciso calibro, si può perfezionare il lavoro colla sgorbia, dopo di avere incominciato il foro con una trivella sottile.

Disposti che si abbiano i fori nelle rotelle, coll'avvertita alternativa di quadri e tondi, nell'accoppiarle, si avrà particolare avvertenza di evitare lo sbaglio di calzare uno stesso fuso in due fori ugualmente tondi o quadri.

Ordinariamente i fusi si incastrano dopo di avere assicurate le rotelle all'albero; però, se le braccia sono collegate come quelle della fig. 238, allora anche la lanterna può essere perfezionata all'officina.

§ 144.

L'operazione di innestare le braccia alle lanterne, si eseguisce sul banco delle ruote nella maniera che dimostrano le figure 238 e 241; si uniscono alle rotelle con intaccatura profonda quanto sono grossi i quarti, in modo che internamente riescano al pari; anzi si incastrano nei quarti stessi per 10 o 12 millimetri, e si allacciano con uno spinone di legno, o piuttosto con una chiavarda a vite.

Lo spazio od altre circostanze esigono spesso che le braccia sieno inserite dalla parte interna, come nella fig. 242. Questa mutazione non è difficile: solamente è da notare che i fusi si applicheranno dopo che le rotelle saranno montate stabilmente all'albero.

Le braccia poi, sia in un caso che nell'altro, si dispongono sempre in modo, che coprano uno dei fusi, o giacciano fra due contigui.

Talvolta le braccia si collegano anche conforme è indicato dalla fig. 243, dove le chiavarde trapassano tuttadue le falde di cui sono composti i quarti.

§ 145.

Nei congegni di molta forza, si frammettono degli sbarri alle rotelle delle lanterne, fig. 244, i quali servono a tenerle in sesto e dar loro quella consistenza che non avrebbero colla sola connessione dei fusi. Questo scopo si ottiene ancor meglio colle chiavarde a vite, le quali attraversano le rotelle, fig. 245. Nelle lanterne mezzane possono bastare quattro, e in quelle assai grandi sei, o al più otto di questi sbarri. Si raccomandano specialmente per le lanterne destinate a girare orizzontalmente.

§ 146.

Oltre alle descritte maniere di lanterne ve ne sono eziandio di quelle con cerchiature di ferro, fig. 246. Le rotelle si fanno di tale grandezza,

che l'estremo spigolo del cerchione rada la testa dei fusi; cosicchè per trovare il diametro esterno del cerchione, bisogna aggiungere al diametro del circolo primitivo, la grossezza dei fusi, ossia la misura di un mezzo intervallo; e per istabilire il diametro delle rotelle, bisogna sottrarre dal diametro del cerchione il doppio della sua grossezza.

Le due serie delle cavicchie con cui si uniscono le falde dei quarti vanno disposte nell'interno della periferia primitiva. Del resto anche quivi si dovrà mettere una coppia di cavicchie tra un fuso e l'altro.

La distribuzione dei fusi si eseguisce come al § 143, cioè, segnato il circolo primitivo, e ripartito il numero dei fusi, si marca la loro grossezza, come alla fig. 247, e quindi si tracciano le dimensioni del foro colle linee mn ed rs . Questo delineamento si ripete sulle due facce delle rotelle, trasportando col solito metodo i punti di divisione. Dopo si intagliano i fori colla sega, seguendo le direttrici mn e compiendo l'escavo collo scarpello.

Perfezionate per tal modo le due rotelle, vi rimane solo da serrarle coi cerchioni, i quali servono a conterminare gli incastri dei fusi.

Le braccia si uniscono come si è già insegnato al § 144. I fusi si innestano indifferentemente prima, o dopo che le rotelle sieno montate all'albero.

§ 147.

In quest'ultima specie di lanterne, come si vede di leggieri, quando si ha da rinnovare un qualche fuso, o bisogna levare un cerchione, o distaccare una delle rotelle dall'albero. I fusi inoltre, in consimili lanterne, massime se sono assai grandi, non sono così sicuri, come in quelle descritte al § 141, perchè i cerchioni si scontrano facilmente. Il primo è un difetto significativo, il quale non è compensato abbastanza dal vantaggio di potere servirsi per queste lanterne di fusi più corti, di quelli che si adoperano ordinariamente per le lanterne senza cerchioni.

Le lanterne si lavorano pure in altra foggia, come si vede dalla fig. 248, la quale dimostra che i fusi conservano da una parte tutta la grossezza normale, e dall'altra vengono assottigliati e lavorati in tondo; e per stringerli al cerchione, si inseriscono delle biette. Questi fusi, per poco che si logorino, si smovono e girano facilmente: le biette di legno che stringono il cerchione, saltano fuori, e la testa assottigliata si spezza, cosicchè queste lanterne per solidità sono molto inferiori alle altre.

Le ruote e stella di maggior mole, non sono mai più larghe, comprese le braccia, di 88 centimetri, per cui le lanterne corrispondenti basterà che

abbiano i fusi lunghi di netto 43 a 45 centimetri. Le piccole ruote a stella sono larghe dai 30 ai 32 centimetri, ed i fusi in cui ingranano si fanno lunghi da 35 a 38. I fusi delle lanterne con cerchi in invece non occorre che sieno mai più lunghi di 15 a 25 centimetri. Quantunque sia certo che i fusi corti sono meno soggetti a spezzarsi di quei lunghi, pure questa prerogativa non pareggia gli inconvenienti che presentano le lanterne a cerchi in confronto delle altre che non ne hanno.

Per questi motivi, le lanterne che imboccano colle ruote a corona si fanno con rotelle di grandezza diversa, fig. 249, per cui i fusi sono impernati a maschio tondo nella esterna, e nella interna, che è cerchiata, sono impernati a maschio quadro. In tal modo essi possono intrudersi ed estrudersi dalla rotella grande, e sono obbligati a conservarsi immobili nella piccola. Volendo fare le rotelle della lanterna ugualmente grandi, bisognerebbe tenere i fusi assai lunghi, altrimenti la rotella urterebbe nella corona della ruota.

Nel caso che per angustia di spazio, o per altre circostanze si dovessero fare i fusi della lanterna più corti della larghezza della ruota a stella che deve ingranarla, si potrà costruire la lanterna stessa nel modo testè descritto, e la ruota a stella conforme fu insegnato al § 140, fig. 235, 236 e 237, ed accoppiarle come dimostra la fig. 250.

§ 148.

Quelle lanterne le quali non lasciano in mezzo alle rotelle un'apertura più grande della grossezza dell'albero, la massima parte delle volte si montano senza braccia. Se l'albero è ottagonale, potrà tenersi l'apertura della figura 128: se è quadrangolare, si ridorrà anche l'apertura in quadro, fig. 252.

Le lanterne che si stringono senza braccia agli alberi, col solo sussidio di piccioli cunei di legno, si fanno pur anco con quarti semplici, i quali però non si uniscono a taglio d'angolo, ed a puro combaciamento, ma si congiungono a mezza grossezza, e s'incavicchiano opportunamente, come è rappresentato dalla fig. 253. Nel compartire i quarti, bisognerà avere l'avvertenza, per quanto è possibile, di fare in modo che le giunture cadano a mezzo di un fuso. Siffatte lanterne è raro che non sieno munite di cerchio, e per tener meglio in sesto le rotelle, si fa uso ordinariamente di chiavarde, le quali s'investono in un cilindretto di legno, come nella fig. 245. Se devono esercitare molta forza, o provare delle scosse impetuose, si corroborano eziandio con spranghe di ferro, nella maniera indicata dalla fig. 258.

§ 149.

Le lanterne con rotelle di dimensione limitata, e tali da potersi tagliare tutte di un pezzo, prendono il nome di *rocchetti* o *rocchelli*, e presso i mugnaj lombardi quello di *torelli* o *tomelli*. Generalmente si contornano con ghiera o cerchiotti di ferro. Nei mulini bene disciplinati si suol tenere una conveniente scorta e di ghiera e di rocchetti.

Nella fig. 255 è delineato un rocchetto a nove fuselle. Esso è composto di due rotelle fasciate con cerchiotti di ferro, di fuselle inserite nelle rotelle, e di una incassatura, o guaina, che è unita a incastro in giro all'apertura centrale di ciascuna rotella. Quest'ultima serve per mantenere in sesto il palo delle macine, e per impedire che i rocchetti si sconcertino allorquando si stringono con biette.

L'operazione colle quale si trova il diametro della periferia di contatto dei rocchetti, è già stata indicata al § 56. Il diametro esterno della viera si determina, aumentando quello della periferia di contatto della grossezza delle fuselle, ossia di una mezza suddivisione; ed il diametro delle rotelle si avrà sottraendo dal diametro della viera, il doppio dello spessore della medesima. Del resto si intende di per sè, che trattandosi di imboccare una ruota a stella con un rocchetto, nel determinare il diametro di quest'ultimo, bisogna avere riguardo all'allungamento (§ 142), il che non ha luogo colle ruote a corona.

Le rotelle dei rocchetti si fanno grosse 6 od 8 centimetri: i cerchiotti però si possono tenere un centimetro più stretti, e grossi da 12 a 18 millimetri. Se il cerchiotto è più basso della grossezza della rotella, quest'ultima, dopo che è terminata e incerehiata, si taglia a smusso in giro, come è rappresentato dalla fig. 256.

Per le rotelle dei rocchetti si adopera il faggio, od anche la betula. Ma di quest'ultima qualità di legno, bisogna scegliere la parte più tigliosa, e sul basso del pedale. Il legno di rovere è poco adattato a quest'uso, perchè si screpola troppo facilmente: si può adoperarlo per altro pei rocchetti grandi, di 10, o 15 fusi, dove le rotelle esigono dei pezzi di legno di mezzane dimensioni.

I fusi si fanno preferibilmente di carpine, o di altro legno assai tenace e compatto.

Devono i fusi essere 8, o 10 centimetri più lunghi comparativamente alla larghezza dei denti, perchè il rocchetto possa applicarsi ai denti, alla prima istituzione del mulino, e continui ad essere operativo anche col consumarsi perenne delle macine.

Quando è determinato il diametro del rocchetto, e preparato il collare, o cerchio corrispondente, si tondano sul calibro di quest'ultimo anche le rotelle. A questo effetto si applica il collare sul pezzo di legno da lavorare, e con una punta acuta, si traccia la larghezza netta di esso collare, e su questa si procede a rotondare la rotella. Siccome il collare si tiene alcun poco più schiacciato su di un diametro che non sul suo ortogonale, cioè si conforma ad ovale, affinchè stringa meglio quando si calza, perciò sul legno bisognerà segnar sempre la dimensione massima. Nel rotondare e calibrare le rotelle, si abbia in vista di tener le dimensioni un pochetto avvantaggiate, massimamente sul traverso delle fibre del legno, più che sulla lunghezza, in maniera che il collare calzi soltanto per un terzo, od una metà incirca della sua altezza, come dimostra la fig. 257. In questo stato si mette la rotella a disseccare in luogo ben asciutto, e meglio anche in una stanza con stufa: sebbene il legname che vi si impiega debba scegliersi già bastantemente stagionato. Dopo si smonta nuovamente il collare, si trova il centro delle due facce piane della rotella; si conduce il diametro ab , fig. 258, e perpendicolarmente a questo il diametro cd ; e questi si riportano colla squadra, anche sul rovescio della rotella. Si descrive quindi d' ambe le parti il cerchio primitivo, e su di esso si scomparte il numero dei fusi, cominciando da un punto d' intersezione del cerchio con un diametro, come sarebbe dal punto a per potersi più facilmente regolare nel riferire la divisione sulla faccia opposta: si marca la grossezza dei fusi, e nel loro contorno si inscrivono le aperture corrispondenti, descrivendo la linea g/h col compasso, e le k/l con una riga sulla direzione del raggio. Finalmente si marca anche l'apertura centrale f nella quale deve essere infilato il palo, o fusolo della macina, facendo in modo, che il diametro trasversale già segnato, ne formi la diagonale, perchè allora il rocchetto può essere rassodato meglio con zeppe. L'apertura nelle rotelle si tiene un mezzo centimetro incirca più agiata della sezione trasversale del palo, per potervi incastrare delle biette onde costringere il palo stesso più saldamente al rocchetto.

Finito che sia il delineamento sulle due facce della rotella, si tagliano alla sega le linee k/l , e si levano collo scarpello le parti esuberanti: indi si rimonta il collare, avvertendo di situarlo precisamente come la prima volta che fu messo in prova, per la qual cosa si dovrà farvi una marca di riscontro. Da ultimo si scolpisce anche l'apertura f , e la rotella è completamente allestita. A proposito di questa apertura osserveremo eziandio, che, o vi si lascia una parte del legno intatta fino al momento di montare il

rocchetto, fig. 259, o vi si intromette un pezzo di legno a contrasto, all'oggetto di evitare che le rotelle soffrano alterazioni dipendentemente dall'ulteriore maneggio che devono subire. È poi evidente che tanto gli incavi dei fusi, quanto l'apertura centrale, devono essere lavorati di rincontro, perchè il legno della rotella non ischeggi.

Entrambe le rotelle si preparano collo stesso metodo, indi vi si incastrano i fusi. I fusi si lavorano tondi, vale a dire cilindrici, oppure con uno spigolo, come diremo avanti, e i maschi si intagliano conforme alla fig. 260. Intagliandoli invece sul modello della fig. 261, per imbiettarli, bisognerebbe applicare saldamente le biette sull'incastro, con pericolo di rovinarli, o di non disporli a dovere. — Dei fusi di ghisa, introdotti già da qualche tempo, parleremo a suo luogo.

Prima di comporre il rocchetto, è necessario farvi anche l'incastro per l'involucro, o incassatura indicata nella fig. 255, la quale si unirà simultaneamente all'atto che si uniscono gli altri pezzi. L'incassatura consiste in una cassetta fatta con assicelle di buon legno, grosse incirca due centimetri.

Collegate che sieno le rotelle ai fusi, si imbiettano i maschi di questi ultimi: nell'eseguire questa operazione si avrà cura di non alterare menomamente la posizione dei fusi. A tale uopo ordinariamente si adopera un regolatore, o registro, fig. 262, il quale si tiene tra il vacuo di due fusi contigui: molti mugnaj ed artefici però sdegnano di servirsene, e si valgono solamente del compasso: è però strano che abbiano a rifiutare uno strumento col quale potrebbero lavorare più sicuri e spediti. Nello imbiettare i rocchelli conici, di cui è cenno nel seguente paragrafo, sarebbe bene usarne due ad un tempo di questi regolatori, l'uno da tenere a contatto della rotella superiore, l'altro della inferiore. Tra il collare e i maschi dei fusi non si cacceranno biette. Quando sieno bene impernati i fusi, e non sia stata alterata la loro disposizione, spesse volte si pratica tagliarli ancora come nella fig. 263, per forzarvi de' sottili cunei sulle diagonali. Però, come si è detto, i fusi devono anche senza aver ricorso a quest'ultimo artificio essere già rassodati invariabilmente, altrimenti insieme ai maschi potrebbero spaccarsi anche i fusi.

Le biette, per renderle più aderenti, si spalmano con pasta, o colla di fucello, ossia di quella farina che isvola nel macinare, od anche di farina di segala, impastate con acqua, a cui si può eziandio frammischiare poca cenere schietta di legno. Questa colla si adopera, come vedremo in seguito, a molti altri usi, per cui nella maggior parte dei mulini se ne conserva sempre in pronto, avendosi appositamente una specie di conca, o ciotola di legno, come quella rappresentata dalla fig. 264.

Nelle ruote a corona di mezzana grandezza e a denti larghi, il compartimento di essi sulla periferia interna, riesce notabilmente più piccolo che non sulla esterna; per cui si concepisce facilmente, che se i denti imboccar devono diritti e sulla linea del raggio, ed il rocchetto è cilindrico, ossia colle rotelle di uno stesso diametro, nell'ingranare i denti, sforzeranno troppo contro la parte inferiore, e nello sprigionarsi, proveranno lo stesso inconveniente contro la parte superiore. Per levare questo difetto, i rocchelli, o le lanterne, si conformano a cono, come è indicato dalla fig. 265, oppure si retondano i denti, come nella fig. 269. Talvolta si fa l'uno e l'altro.

Facendo le lanterne, o i rocchetti conici, e lasciando piani i fianchi dei denti, gli assi, e i fianchi de' fusi devono concorrere tutti al centro della ruota a corona, nel modo rappresentato colla fig. 265. — Non è difficile a determinarsi la circonferenza primitiva delle due rotelle. Difatto, sia AC , fig. 266, il raggio vero della ruota a corona; AB il raggio medio del rocchetto, desunto col calcolo, e perpendicolare ad AC : si porti metà dell'altezza del rocchetto da A verso D e verso E , coniechè risulti DE uguale all'altezza netta del rocchetto; e si conducano DF ed EG parallelamente ad AB . Da ultimo si unisca il punto C col punto B , e si prolunghi la CB in F ; che DF sarà il raggio della rotella esterna del rocchetto, ed EG quello dell'interna. Siffatta costruzione si eseguisce sopra un asse pulito colla pialla, di conveniente dimensione, e procedendo con accuratezza, si possono ottenere dei risultamenti nella pratica, bastevolmente esatti.

Volendo determinare i due raggi col calcolo, pongasi

$AC = R =$ al raggio della ruota a corona;
 $AB = r =$ al raggio medio } del rocchetto;
 $DE = h =$ all'altezza netta }
 $DF = r' =$ al raggio della rotella esterna;
 $EG = r'' =$ al raggio della rotella interna.

I due triangoli DFC , ABC danno la proporzione

$$AC : DC = AB : DF$$

ossia

$$R : R + \frac{1}{2} h = r : r'$$

donde si cava il raggio della rotella esterna

$$r' = r \frac{\left(R + \frac{1}{2} h\right)}{R} = r + \frac{rh}{2R};$$

Egualemente i due triangoli ABC , EGC danno

$$AC : EC = AB : EG,$$

ossia

$$R : R - \frac{1}{2}h :: r : r'';$$

ed il raggio della rotella interna sarà

$$r'' = \frac{r \left(R - \frac{1}{2}h \right)}{R} = r - \frac{r h}{2R}.$$

Conseguentemente per trovare il raggio della rotella esterna, al raggio medio, o calcolato, bisogna aggiungere il prodotto dello stesso raggio medio per l'altezza netta del rocchetto, diviso questo prodotto per il doppio del raggio della ruota a corona; e per trovare il raggio della rotella interna, bisogna dal raggio medio di essa sottrarre la medesima accennata quantità. Siccome poi R ed r la massima parte delle volte sono valori frazionarij, si potrà surrogarvi nel calcolo il numero a dei denti della ruota a corona, ed il numero b dei fusi del rocchetto, giacchè sussistendo la proporzione di

$$R : r :: a : b, \text{ si avrà anche}$$

$$\frac{r}{R} = \frac{b}{a}, \text{ per cui il raggio della rotella esterna sarà}$$

espresso da

$$r' = r + \frac{b h}{2 a}$$

e quello dell'interna, da

$$r'' = r - \frac{b h}{2 a}.$$

APPLICAZIONE

Il raggio medio di un rocchetto a nove fusi, ad intervalli di 10 centimetri, è di circa centimetri $14 \frac{3}{5}$; sia alto di netto centimetri 26, e la ruota a corona abbia 64 denti. Si vuol determinare il raggio delle due rotelle.

Abbiamo $r = 14 \frac{3}{5}$, $b = 9$, $h = 26$, ed $a = 64$; quindi il raggio della rotella esterna sarà

$$r' = 14 \frac{3}{5} + \frac{9 \cdot 26}{2 \cdot 64} = \text{centimetri } 16 \frac{2}{5} \text{ prossimamente;}$$

ed il raggio della rotella interna sarà

$$r' = 14 \frac{3}{5} - \frac{9 \cdot 26}{2 \cdot 64} = \text{centimetri } 12 \frac{4}{5} \text{ prossimamente.}$$

È raro che in pratica i rocchetti si affusino a giusta misura, contentandosi di applicare alla rotella maggiore, od esterna l'intervallo dei denti della ruota a corona preso sulla periferia esterna, ed alla rotella minore, l'intervallo dei denti medesimi, tolto sulla periferia interna. Il metodo per determinare il raggio, rimane lo stesso, avvertito soltanto, che nella fig. 266 va fatto DE uguale all'intervallo dei denti, e nelle calcolazioni va sostituito per h l'intervallo stesso dei denti, invece dell'altezza del rocchetto.

È chiaro da sè, che la grossezza della testa dei fusi deve essere proporzionale all'intervallo delle rispettive rotelle in cui vanno incastrati, e perciò stesso vogliono essere debitamente affusati.

La grandezza del collare, o viera si desume colla scorta del paragrafo antecedente, dato che sia il raggio primitivo delle rotelle, e la grossezza dei fusi. Tracciando diligentemente la rotella co' suoi fusi sopra una tavola ben piallata, negli ordinarij casi di pratica, si può misurare il collare con bastevole precisione.

Per trovare col calcolo la grossezza alle due teste dei fusi, possiamo servirci delle formole trovate antecedentemente, ponendo invece di r il diametro medio d del fuso, il quale, come abbiamo ripetuto di frequente, si fa uguale quasi sempre ad un semintervallo; e sostituendo ad h il valore risultante dal calcolo della circonferenza primitiva della rotella, determinato a seconda della maggiore o minore affusatura che vuol darsi al rocchetto. Qui però non possiamo introdurre nel calcolo il numero dei denti e dei fusi, come abbiamo fatto per la ricerca del raggio delle rotelle. Eseguendo le indicate sostituzioni troveremo la grossezza della testa maggiore del fuso rappresentata da

$$d' = d + \frac{dh}{2R}$$

e quella della testa minore, espressa da

$$d' = d - \frac{dh}{2R}.$$

APPLICAZIONE

Si vuol determinare la grossezza delle teste dei fusi del rocchetto accennato nella precedente applicazione.

Abbiamo $d = 5$ centim., $h = 26$, ed $R = \text{met. } 1,04$ e quindi il diametro della testa maggiore di un fuso sarà

$$d' = 5 + \frac{5 \cdot 26}{2 \cdot 104} = \text{centim. } 5 \frac{3}{5} \text{ prossimamente;}$$

ed il diametro della testa minore

$$d'' = 5 - \frac{5 \cdot 26}{2 \cdot 104} = \text{centim. } 4 \frac{2}{5} \text{ prossimamente.}$$

Volendo regolare il rocchetto ora indicato, in modo che gli intervalli sulla base maggiore uguaglino quelli dei denti della ruota a corona, misurati sulla periferia esterna, e gli intervalli sulla base minore uguaglino quelli che competono agli stessi denti sulla periferia interna, non si cambierà che il valore di h , come abbiamo già osservato di sopra.

APPLICAZIONE

La larghezza dei denti della ruota a doppia dentatura considerata nella antecedente applicazione, dietro la quale deve essere affusato il rocchetto, sia di 15 centimetri e mezzo, e ritenuti per r , b , ed d i valori assegnati di sopra, avremo il raggio della rotella maggiore

$$r' = 14,60 + \frac{9 \cdot 15,5}{2 \cdot 64} = 15 \frac{7}{10} \text{ prossimamente,}$$

ed il raggio della rotella minore

$$r'' = 14,60 - \frac{9 \cdot 15,5}{2 \cdot 64} = 13 \frac{1}{2}.$$

I rocchetti non si affusano quasi mai regolarmente, essendo difficile ad ottenere che i denti afferrino precisamente a mezzo della lunghezza de' fusi, o perchè la ruota non è bene in centro, o singolarmente perchè le pietre si consumano, e quindi il rocchetto ed il palo vanno abbassati poco a poco, senza che si possa egualmente abbassare la ruota. Anche i perni si logorano, quelli di legno in ispecie, ma non mai proporzionalmente alle pietre.

I rocchetti conici, od angolari, perderebbero molto della loro robustezza, se si volessero affusare anche le rotelle ed i collari: per questo si fanno preferibilmente cilindrici. Il maschio dei fusi deve tagliarsi nel modo indicato dalla fig. 267.

Se un rocchetto, od una lanterna sono troppo affusati, i denti della ruota a corona imboccano soverchiamente dalla parte esterna, e poco dall'interna: per correggere questo difetto, la testa del dente non si taglia già parallelamente

al piano della ruota, ma si inclina in direzione all'asse del rocchetto conforme si vede nella fig. 268.

§ 152.

Se la lanterna è notevolmente grande in confronto alla ruota dentata, per conservare ai denti le facce piane, bisognerebbe affusarla troppo, a scapito della necessaria sua robustezza. I denti inoltre riescirebbero esteriormente troppo corti, e interiormente troppo lunghi, quand'anche l'affusatura si regolasse in modo, che la rotella maggiore fosse scompartita collo stesso intervallo della periferia esterna dei denti, e la minore con quella della periferia interna. In questo caso si rotondano le facce laterali dei denti sul modello della fig. 269. Questi sono i denti chiamati comunemente *all'olandese*, e le ruote a cui sono applicati partecipano anch'esse della stessa denominazione.

Per trovare il raggio dell'arco, secondo cui vanno curvate le facce laterali dei denti, col raggio AC della lanterna, fig. 270, si descriva una porzione della circonferenza primitiva DAE ; si conduca il raggio CA , e perpendicolarmente a questo la corda DE , in modo che risulti AB uguale al raggio dei fusi, che ordinariamente è un quarto d'intervallo: con ciò viene determinato quell'arco EAD , in cui i fusi ingranano egualmente un certo numero di denti. Avverto però, che si suppone che i denti ingranino tanto quanta è la grossezza dei fusi.

Da ultimo col raggio GH della ruota dentata (fig. 271) si descriva una porzione della sua circonferenza primitiva, e dal punto G si elevi la perpendicolare GI ; si faccia $GI = BD$ (fig. 270) e si conduca IK parallela a GH : il punto L sarà dove il primo dente incontrerà la lanterna. Si tracci ora sull'andamento del raggio, la direzione di questo dente MH , e su di essa si prenda $LM = LN$, uguali individualmente ad una metà del dente, conicché MN ne esprimerà la lunghezza totale, e si tirino MP ed NO perpendicolari ad MH : si ha con ciò $MP = NO$, e queste quantità contrassegnano la rispettiva larghezza di quella parte dei denti da tagliarsi per regolarne l'incurvamento.

La fig. 272 rappresenti la testa di un dente, ed UV la circonferenza primitiva della ruota: si porti la lunghezza MP , od NO da R' in R , e da T in T' , e si tiri l'arco circolare RQT' , di cui si determina il centro geometricamente, descrivendo dai punti R , Q e T' con apertura costante di compasso le intersezioni x ed y e conducendo per essi le rette xy prolungate fino che si incontrano in O : il punto O così stabilito, è il centro

domandato dell'arco $RQ T'$. La parte opposta del dente si costruisce identicamente.

L'operazione si eseguisce sopra un pancone pulitamente appianato, mettendovi la necessaria attenzione, perchè il lavoro riesca possibilmente esatto, e questo delineamento può servire di modello per gli altri.

Volendo rintracciare col calcolo il raggio di curvatura della testa dei denti, si potrà procedere col seguente metodo. Si chiami

A il numero dei denti, ed

R il raggio della ruota dentata;

b il numero dei fusi, ed

r il raggio della lanterna, o del rocchetto;

t un intervallo tanto della ruota che della lanterna;

k la larghezza della testa del dente $= MN = R'T'$ (fig. 271 e 272);

p il raggio che si domanda $= OQ$ (fig. 272);

$s = BE = GI = G'L$ (fig. 270 e 271), ed

$u = MP = NO = RR' = TT'$ (fig. 271 e 272).

Dalla fig. 270 si cava la proporzione

$$AB : BE :: BE : 2AC - AB, \text{ ossia}$$

$$\frac{1}{4} t : s :: s : 2r - \frac{1}{4} t, \text{ donde}$$

$$s^2 = \frac{1}{4} t \left(2r - \frac{1}{4} t \right)$$

ovvero, sostituendo al luogo di r il suo corrispondente valore $\frac{bt}{2\pi}$ (§ 55), e riducendo si avrà

$$s^2 = \frac{1}{16} t^2 \frac{4b - \pi}{\pi}, \text{ ed}$$

$$s = \frac{1}{4} t \sqrt{\frac{4b - \pi}{\pi}}.$$

Inoltre, essendo simili i triangoli $G'HL$, LMP (fig. 271) si ha

$$GH : G'L :: LM : MP; \text{ ma}$$

$$G'H = \sqrt{(\overline{HL})^2 - (\overline{GL})^2} = \sqrt{(\overline{HL})^2 - (\overline{GI})^2}; \text{ quindi}$$

$$\sqrt{(\overline{HL})^2 - (\overline{GI})^2} : \overline{GI} = LM : MP, \text{ ossia}$$

$$\sqrt{(R^2 - s^2)} : s = \frac{1}{2} k : u; \text{ epperò}$$

$$u = \frac{1}{2} k \frac{s^2}{\sqrt{(R^2 - s^2)}};$$

pongasi per s il valore dianzi trovato, e si faccia $R = \frac{at}{2\pi}$: dopo le necessarie riduzioni si troverà

$$u = \frac{1}{2} k \frac{\sqrt{(4b\pi - \pi^2)}}{\sqrt{(4a^2 - 4b\pi + \pi^2)}}.$$

Finalmente abbiamo ancora dalla fig. 272

$$V'Q : V'R :: V'R : 2OQ - V'Q, \text{ ossia}$$

$$u : \frac{1}{2} k :: \frac{1}{2} k : 2\rho - u; \text{ quindi}$$

$$\frac{1}{4} k^2 = (2\rho - u)u = 2\rho u - u^2, \text{ ed}$$

$$\rho = \frac{u^2 + \frac{1}{4} k^2}{2u}.$$

sostituendo invece di u il suo valore, e riducendo opportunamente, avremo

$$\text{I. } \rho = 0,564 \frac{k a^2}{\sqrt{(4a^2 - 4b\pi + \pi^2)} (2b - \pi)}.$$

Ponendo nel primo fattore sotto al segno radicale $4b\pi$ in luogo di $4a\pi$, ed abbandonando nel secondo fattore la quantità $-\pi$, si ottiene la seguente espressione

$$\text{II. } \rho = 0,282 \frac{k a^2}{(2a - \pi) \sqrt{b}}$$

la quale è sufficientemente esatta per la pluralità dei casi pratici: e trascurando anche quivi il divisore $-\pi$ si troverà un altro valore ancora più semplice, quantunque meno esatto, nella formola

$$\text{III. } \rho = 0,141 \frac{k a}{\sqrt{b}}.$$

APPLICAZIONE

Una ruota a 60 denti, ingrana in una lanterna cilindrica di 36 fusi. Si vuol determinare il raggio di curvatura dei denti, ritenuto che sieno larghi di fianco un decimetro.

Abbiamo $a = 60$, $b = 36$, $k = 0,10$
facendo uso della formola N.° I si ottiene

$$\rho = 0,564 \frac{0,10 \cdot \overline{60^2}}{\sqrt{(4 \cdot \overline{60^2} - 4 \cdot 36 \cdot 3,14 + \overline{3,14^2})} (4 \cdot 36 - 3,14)}$$

da cui cogli opportuni sviluppi e riduzioni si cava

$$\rho = 0,144 \text{ millimetri.}$$

Colla formola N.° II si avrebbe istessamente

$$\rho = 0,182 \cdot \frac{0,10 \cdot \overline{60^2}}{(2 \cdot 60 - 3,14) \sqrt{36}} = 0,144$$

e colla III

$$\rho = 0,141 \cdot \frac{0,10 \cdot 60}{\sqrt{36}} = 0,141$$

quest'ultimo valore nel caso concreto è bastantemente esatto, giacchè gli archi di un decimetro non diversificano osservabilmente.

È manifesto che $\rho = OQ$ (fig. 272) deve prendersi perpendicolare ad RT' .

Per solidità sono preferibili i rocchetti e le lanterne di forma cilindrica, massimamente quando le lanterne sieno molto grandi in confronto alle ruote dentate.

Nelle ruote dentate di rilevanti dimensioni, che ingranino in un rocchetto, come quelle dei nostri mulini usuali, la curvatura dei denti, è nulla, o poco meno, eppure potrebbe introdursi molto utilmente, in ispecie per le ruote a denti larghi.

La formola III somministra una regola, semplicissima, buona segnatamente pei calcolatori inesperti, atta anch'essa a determinare il raggio di curvatura dei denti, la quale basta in pratica nella maggior parte dei casi.

Questa formola non è applicabile alle ruote con pochi denti, le quali però sono rarissime.

§ 153.

I rocchetti di piccolo diametro non possono, come è facile idearselo, essere montati sovra alberi di legno, di modo che quando si abbia necessità di un rocchetto con albero di legno, si incastrano i fusi nella grossezza dell'albero stesso, il quale prende il nome di *asse dentato*. Esso è rappresentato in disegno dalla fig. 273.

Le dimensioni dei collari, od anelli, si determinano collo stesso metodo che si è indicato parlando dei rocchetti, ossia, stabilito che si abbia il dia-

metro della circonferenza primitiva (la quale non può in questo caso essere misurata meccanicamente) si aggiunge la grossezza di un fuso, od un mezzo intervallo, e si sottrae il doppio della grossezza del collare. La misura risultante è appunto la larghezza netta del collare medesimo.

L'albero deve essere calibrato con precisione, cosicchè il collare possa essere calzato senza molto sforzo: indi nel tratto che corrisponde alla lunghezza dei fusi, si forma un incavo cilindrico, di profondità misurata sulla grossezza a un dipresso dei fusi stessi (fig. 274): si ripartiscono questi convenevolmente, si segnano, e si scolpiscono le imposte pei loro maschi. In fine si incastrano i fusi, si imbiettano a dovere, e vi si applicano stabilmente i collari.

L'operazione si eseguisce ordinariamente dopo che l'albero è adagiato sui pulvini, ma se per la sua situazione riescisse troppo incomoda, allora si lavora all'officina, situando l'albero precariamente come se fosse al posto che gli compete.

Quando si deve costruire un asse dentato, è utile predisporre un esatto tracciamento sopra un pezzo di pancone ben piallato, per potersi regolare con questo nella lavorazione.

Gli assi dentati, o rocchetti a gabbia, si incontrano rare volte nei mulini terragni usuali, adoperandosi quasi esclusivamente nei mulini natanti per il meccanismo che serve ad innalzarli; ed è lo stesso delle ruote a bischeri che andiamo descrivere.

§ 154.

Le ruote a bischeri, dette a pinoli, a pioli, od a stecche (§ 9), di cui abbiamo dato il disegno alla fig. 20, consistono in un anello, assicurato con braccia ad un albero, traverso al quale sono infitti dei bischeri di legno, con cui si può volgere la ruota a mano.

L'anello si compone a quarti doppi, come quelli delle ruote idrauliche. I bischeri possono distribuirsi ad intervalli di 30 ai 40 centimetri, e basterà mettere un paio di caviglie ogni due bischeri.

Si possono usare braccia d'ogni foggia, semplici, o addoppiate, conforme al bisogno.

L'anello di una ruota a bischeri ordinariamente ha lo spessore di 8 a 10 centimetri, e la larghezza di 20 a 23: i bischeri poi si fanno lunghi da 40 a 45 centimetri, e grossi 4, o 6. La parte investita nell'anello si fa quadrata: le impognature invece si foggiano ottangolarmente, o tonde: in quest'ultimo caso per lo più vengono tornite.

L'ampiezza del suo diametro è regolata secondo l'esigenza dei casi: nei mulini da fiume si limita dalli metri 2,50 alli metri 3.

§ 155.

La configurazione dei denti e dei fusi è un argomento della massima importanza; perchè se ella è inesatta, sieno pure le ruote costrutte squisitamente nelle altre loro parti, si muoveranno sempre a sbalzi ed interrottamente. Con tutto questo, bisogna ben confessarlo, che nei mulini non vi fu cosa più universalmente trasandata, quanto la giusta configurazione dei denti, e fa specie come finora vi si abbia pensato così poco, mentre tanto nei mulini stessi, quanto in altre macchine analoghe, si vanno tuttoggiorno creando ed introducendo utili perfezionamenti di ogni genere.

Potremo persuaderci della grandissima influenza dovuta alla figura dei denti e dei fusi, facendo l'esperimento di collocare le macine del mulino a giusta tempera, indi liberarne il movimento, e farle girare con lentezza senza macinare. In tal caso vedremo lo scudo volgere sensibilmente all'opposito. Tolgasi in seguito la mola corritoja, e si lasci girare adagio la ruota ed il rocchetto: lo scudo acquisterà un movimento uniforme, mentre il rocchetto si moverà visibilmente a ritroso. Questi effetti dipendono dalla configurazione dei denti, e prima la pietra, poi lo scudo fanno alla lor volta ordinatamente nei due casi contemplati l'ufficio di volante, e l'azione della massa delle parti più leggiere obbedisce a quella delle più pesanti.

Quando il mulino è in pieno movimento, e che il suo rotismo non sia pessimo del tutto, la variabilità del moto si rileva assai meno, giacchè la pietra e lo scudo accumulano tanta velocità che basta a superare gli ostacoli. Ne risulta però sempre uno scuotimento riflessibile, e non di rado anche dello strepito piuttosto clamoroso. I sussulti prodotti dalla configurazione inesatta dei denti, si palesano molto maggiormente quando il mulino, essendo in pieno moto, incomincia a rallentarsi per una causa qualunque. Questo passaggio è anche pericoloso, perchè è in tal momento che il più delle volte succedono rotture di denti e di fusi.

Alla velocità quindi, ed alla forza d'impressione è dovuto il fenomeno della regolarità del movimento delle ruote, ad onta di tutti i difetti che le accompagnano: È assai verosimile che l'inesattezza dei denti contribuisca anche ad accelerarne la distruzione, dovendosi vincere colla forza gli ostacoli che oppongono, oltre poi alla perdita di una porzione significativa della forza medesima.

Le usuali forme difettose dei denti, sono disegnate nella fig. 275 dove si vedono i fianchi tagliati parallelamente, e la testa ridotta a segmento come in *a*, o semicircolare come in *b*, o semplicemente scantonata, come in *c*. Per rilevare all'ingrosso il difetto di questi denti, basta confrontarli con quelli delineati nelle fig. 278, 279, 280, 281, 282, 305 e 307.

Quando i denti abbiano le indicate forme difettose, le divisioni dei rocchetti, bisogna farli uguali non alla lunghezza dell'arco, ma alla distanza in linea retta dei punti di divisione della ruota corrispondente come si rileva dalla fig. 276. Di quivi sono desunti i precetti, ed i metodi per determinare il diametro dei rocchetti, tenuti dai pratici, e che si trovano esposti nella maggior parte dei trattati di questa materia. Per non trascurare alcuna cosa, e per far conoscere una regola tanto adoperata, ne abbiamo dimostrato l'uso al § 56.

Al contrario se i denti e i fusi saranno lavorati con forme regolari, o prossimamente tali, gli intervalli saranno sempre misurati sullo sviluppo degli archi corrispondenti, cosicchè nelle ruote piccole, e segnatamente nei rocchetti, la distanza in linea retta fra due punti contigui di divisione sarà notabilmente più breve del reale intervallo. In tal caso il diametro dei rocchetti si determina nel modo insegnato al § 55 per le grandi ruote. Quindi innanzi le calcolazioni occorrenti saranno sempre basate sui principj testè rammentati, e si riterrà sempre che i denti abbiano forme regolari.

§ 156.

Per avere un'idea precisa della forma dei denti e dei fusi nelle ruote e nei rocchetti determinata dietro leggi meccaniche e geometriche, figuriamoci prima di tutto la periferia di una ruota, o di un rocchetto tuttora senza denti in moto sopra una linea retta. Siavi al punto di contatto *A* del cerchio *AO*, fig. 308, nella primitiva sua posizione una punta, la quale al rivolgersi del cerchio descriva la curva *AIP*. Passando il cerchio da *A* in *E*, lo spazio od arco *AE* sarà visibilmente uguale all'arco *IE*, e la punta si troverà in *I*. Se questo movimento sarà continuato tanto che lo spazio *AQ* pareggi la semiperiferia *PRQ* del cerchio, la punta si troverà al sito della sua massima elevazione *P*, ed avrà descritto la curva *AIP*, e proseguendo a muoversi per un'altra semiperiferia, la retta *AQA'* sarà uguale alla lunghezza della intera periferia del circolo, e la punta si troverà in *A'*. Le linee *AIPA'*, *A'P'A''*... così generate sono quelle curve alle quali i geometri hanno dato il nome di *Cicloide*.

Per delineare questa curva, vi sono diversi metodi: uno dei più facili è quello riportato dal Gerstern nel riputato suo Manuale di meccanica, vol. III, § 28, il quale noi seguiremo. Si divida pertanto la periferia del cerchio generatore in parti uguali, quante si vogliono, per esempio in dodici, ed in altrettante lo spazio AA' od $A'A''$. Quando il cerchio avrà percorso lo spazio di un intervallo, il punto A' si sarà portato in a ed il cerchio $A''cO''$ potendo immaginarsi collocato sul punto a' , sarà $aa' \equiv$ alla corda $A''a$. Trasportandosi il circolo in b' , il punto A' si porterà in b e potremo figurarci che il circolo $A''O''$ si trovi in b , per cui sarà $bb' \equiv$ alla corda $A''b$. Lo stesso ripetasi per gli altri punti successivi. Dietro ciò potremo determinare questa regola per delineare la cicloide: si divida la circonferenza $A''cO''A''$ in dodici parti uguali: dai punti di divisione $a, b, c, d \dots$ si conducano le rette $aa, bb, cc, dd \dots$ parallele alla linea fondamentale $A'A''$; dal primo punto di divisione a' , con una lunghezza eguale alla corda $A''a$, si intersechi la prima parallela aa ; dal secondo punto b' , colla corda $A''b$ si intersechi la seconda parallela $bb \dots$ riunendo giudiziosamente tutti i punti d'intersezione determinati in tal modo, nella curva risultante si avrà la cicloide richiesta.

Non avremo mai necessità di descrivere tutta intiera la cicloide, quindi sarà opportuno di stabilire un'equazione di questa curva, per prevalercene all'occorrenza nel tracciare quella porzione che può abbisognare. Si prenda un punto qualunque I della cicloide a cui corrispondano le coordinate $Im = y$, ed $Am = x$. Si congiunga il punto I col centro D del cerchio generatore, e si faccia passare per I l'orizzontale GIF . Poniamo l'angolo $IDE = \lambda$ ed il raggio del circolo $ID = b$; sarà l'arco $IE = AE = b\lambda$; la linea $IF = b \text{ sen. } \lambda$, e quindi

$$Am = AE - mE = AE - IF = b \cdot \lambda - b \text{ sen. } \lambda = x. \text{ Inoltre è } DE = b \cos. \lambda; \text{ epperò}$$

$$Im = FE = DE - DF = b - b \cos. \lambda = 2b \text{ sen.}^2 \frac{1}{2} \lambda = y.$$

Con queste due equazioni si possono calcolare le coordinate x ed y per qualunque angolo λ , e delineare corrispondentemente la curva cicloidale. La descrizione della cicloide può facilitarsi ancor più, determinandone il raggio di curvatura, il quale con lungo calcolo si trova uguale al doppio della corda IE , ed al vertice è uguale a $4b$, ossia al doppio diametro del cerchio generatore: noi però lasceremo questa indagine puramente geometrica, bastando alle nostre occorrenze quello che si è detto.

Immaginiamoci un fuso, col suo centro in A (fig. 309). Il punto A dovrà descrivere una cicloide. I raggi del fuso, Aa , ed Aa' laterali alla cicloide, essendo uguali, le linee aa'' , $a'a'''$ che descriveranno lateralmente al fuso, saranno parallele alla cicloide descritta col centro, e lo spazio $aa'a''a'''$ contenuto da queste parallele, determinerà quello spazio che deve rimanere libero affinché il fuso possa muoversi senza impedimenti. Figuriamoci ora, alla distanza di un dente, ossia in E un altro fuso come il precedente, il quale descriva ugualmente una cicloide, ma in direzione opposta alla prima; ciò posto bisognerà lasciare anche quivi uno spazio per il libero movimento del dente. È palese da ciò, che la *figura del dente resta determinata dallo spazio a i i' e racchiuso fra le due accennate curve cicloidali*.

Siccome il contorno del dente deve essere visibilmente parallelo agli archi cicloidali AI ed EI' , perciò, onde facilitare il tracciamento della parte di questa curva, dove succede il contatto fra il dente ed il fuso, noi ci faremo a considerarla per un arco di circolo, e in relazione a questa ipotesi, cercheremo di stabilirne il centro corrispondente.

Sebbene con questa supposizione non sia compiutamente soddisfatta la condizione che il raggio di curvatura dell'arco cicloidale partendo dal punto A debba crescere continuamente, pure è manifesto che la differenza per un arco così breve non può essere grande, anzi sarà trascurabile, purchè il dente ingranando coincida esattamente almeno coi punti a , ed i della cicloide corrispondente.

Dovendo essere ai un arco circolare, converrà cercare il punto a , l'altezza in e l'ascissa an . L'intervallo aE è manifestamente $= AE - Aa$. Suppongansi uguali il raggio del fuso, e la semigroschezza del dente, e dicansi r ; allora l'intervallo del centro di due fusi contigui sarà espresso da $AE = 4r$, e levando da questo il raggio del fuso $Aa = r$, rimarrà $aE = 3r$.

La corda IE è uguale a $2b \cdot \text{sen. } \frac{1}{2} \lambda$ e supponendo l'arco $\frac{1}{2} \lambda$ più piccolo dell'unità, sarà come è noto

$$\text{sen. } \frac{1}{2} \lambda = \frac{1}{2} \lambda - \frac{\lambda^3}{48} \dots (1)$$

conseguentemente $IE = b \cdot \lambda \left(1 - \frac{\lambda^2}{24} \right)$.

(1) Lotteri, op. cit. vol. I, § 258.

Ma poichè l'arco $IE = b\lambda =$ allo spazio $AE = 4r$, perciò abbiamo

$$\text{anche } b\lambda = 4r, \text{ ed } IE = 4r \left(1 - \frac{\lambda^2}{24}\right);$$

e levando la grossezza del fuso $Ii = r$, rimano

$$iE = 3r \frac{r\lambda^2}{6} = 3r \left(1 - \frac{\lambda^2}{18}\right).$$

Ora, poichè l'angolo iEn formato dalla corda iE colla tangente al circolo, è misurato dalla metà dell'arco sotteso, così essendo $iEn = \frac{1}{2} \lambda$,

$$\text{avremo } in = iE \cdot \text{sen. } \frac{1}{2} \lambda = 3r \left(1 - \frac{\lambda^2}{18}\right) \text{sen. } \frac{1}{2} \lambda = \frac{3}{2} \lambda r,$$

trascurando le potenze di grado superiore della quantità $\frac{1}{2} \lambda$.

Nello stesso modo si ha pure

$$nE = iE \cdot \cos. \frac{1}{2} \lambda = 3r \left(1 - \frac{\lambda^2}{18}\right) \left(1 - \frac{\lambda^2}{8}\right) = 3r \left(1 - \frac{13}{72} \lambda^2\right).$$

e sottraendo nE da aE , rimane

$$an = aE - nE = 3r - 3r \left(1 - \frac{13}{72} \lambda^2\right) = \frac{13r\lambda^2}{24}.$$

Da questi valori di an ed in , fig. 310, si cava quello del raggio dell'arco circolare ai , colla proporzione

$$an : ni :: ai : nu$$

per conseguenza, ponendo il diametro $uu = 2R$, siccome la quantità an in confronto al diametro $2R$ può essere trascurata, avremo

$$\frac{13r\lambda^2}{24} : \frac{3}{2} r\lambda = \frac{3}{2} r : 2R, \text{ donde}$$

$$R = \frac{27}{13} r = 2 \frac{1}{13} r.$$

Questo valore di R non dipende da λ , e quindi neanche dal numero dei fusi, per cui la presente equazione offre una regola semplicissima pel delineamento dei denti, la quale consiste nel prendere il raggio di curvatura $R = 2r + \frac{1}{13} r$, cioè uguale assai prossimamente alla larghezza inferiore del dente, o del fuso.

Ma devono per necessità essere soddisfatte anche le condizioni: 1.° che il fuso non lasci il dente se prima non abbia ingranato il suo successivo;

L. I. L

2.° che il dente alla sua cima sia dotato di forza bastante per resistere convenientemente al peso da superare.

La prima condizione ci dà l'altezza che deve avere il dente, la quale non deve essere minore di $in = \frac{3}{2} r \lambda$.

Chiamiamo N il numero dei fusi; sarà $\lambda b : 1 = \frac{22}{7} : 2b : N$ donde

$$\lambda = \frac{44}{7} N \text{ e conseguentemente } in = \frac{3}{2} r \cdot \frac{44}{7} N = \frac{66}{7} N r.$$

La seconda condizione stabilisce il numero opportuno dei fusi. Dovendo il profilo oq , fig. 311, del dente essere uguale e simmetrico al profilo ai , nè potendo esso terminare in punta, perchè presto verrebbe rotta dallo sforzo della resistenza, ne segue naturalmente, che la linea an deve essere più piccola del raggio del dente ag , vale a dire che $\frac{13}{24} \lambda^2$ dovrebbe essere minore

di 1. Ma siccome $\lambda = \frac{44}{7} N$, perciò si ricava anche $\frac{13}{24} \left(\frac{44}{7} N \right)^2 < 1$

ed $N < \frac{44}{7} \sqrt{\frac{13}{24}}$, ossia $N < 4,6$; e dovendo il numero dei fusi essere sempre un numero intero, così resta stabilito che il numero dei fusi non dovrebbe essere mai meno di cinque.

La semilarghezza alla cima del dente è in generale

$$r - an = r - \frac{13}{24} \left(\frac{44}{7} N \right)^2 r = r \left(1 - \frac{21}{N^2} \right).$$

L'altezza si sarebbe trovata $= \frac{66}{7} N r$.

Con queste equazioni si è calcolata la seguente tavola.

Numero dei fusi <i>N</i>	Altezza dei denti	Larghezza dei denti in testa
5	0,94 . 2 r	0,16 . 2 r
6	0,79 . 2 r	0,42 . 2 r
7	0,67 . 2 r	0,57 . 2 r
8	0,59 . 2 r	0,67 . 2 r
9	0,52 . 2 r	0,74 . 2 r
10	0,47 . 2 r	0,79 . 2 r
11	0,43 . 2 r	0,83 . 2 r
12	0,39 . 2 r	0,85 . 2 r
13	0,36 . 2 r	0,88 . 2 r
14	0,34 . 2 r	0,89 . 2 r
15	0,31 . 2 r	0,91 . 2 r

A tracciare i denti col raggio di curvatura viene ad essere determinata tanto l'altezza, quanto la lunghezza in sommità, per cui la presente tavola è stata calcolata allo scopo precipuo di poterne desumere in qualunque caso il numero necessario,

§ 158.

I numeri della tavola testè riferita sono calcolati nel supposto che i denti si succedano regolarmente e senza interrompimento, vale a dire che l'uno imbocchi al momento che l'altro si sprigiona. Siccome però è assai difficile, e direm quasi impossibile di lavorare i denti e i fusi con tanta precisione da poter ottenere un cotale risultamento, e di poter procurare alla ruota un moto perfettamente uniforme senza la minima scossa, e senza ritardi, così si potrà conseguire l'intento facendo che il contatto del dente prossimo a sprigionarsi duri per poco tempo ancora dopo che il dente che gli tien dietro ha cominciato a imboccare.

A questo proposito supporremo che il dente in azione, dopo avere descritto lo spazio $4r$ debba percorrere ancora uno spazio s congiuntamente al dente che gli succede. In questo caso diventa l'intervallo $AE = 4r + s = b\lambda$, e levando la quantità aA , rimane $aE = 3r + s$ l'intervallo dopo il quale il dente si libera.

La corda IE , come fu già dimostrato è

$$= 2b \operatorname{sen.} \frac{1}{2}\lambda = b\lambda \left(1 - \frac{\lambda^2}{24}\right) = (4r + s) \left(1 - \frac{\lambda^2}{24}\right).$$

Di quivi sottraendo il raggio r del fuso, rimane

$$iE = 3r + s - (4r + s) \frac{\lambda^2}{24}. \text{ Moltiplicando } iE \text{ per } \operatorname{sen.} \frac{1}{2}\lambda \text{ ot-}$$

$$\text{terremo } in = (3r + s) \operatorname{sen.} \frac{1}{2}\lambda = (3r + s) \frac{\lambda}{2}.$$

Nello stesso modo si avrà

$$\begin{aligned} nE &= iE \cdot \cos. \frac{1}{2}\lambda = (3r + s) \left(1 - \frac{\lambda^2}{8} - \frac{4r + s}{3r + s} \cdot \frac{\lambda^2}{24}\right) \\ &= (3r + s) \left(1 - \frac{13\lambda^2}{72}\right). \end{aligned}$$

Si sottragga nE da aE , e rimarrà

$$an = (3r + s) \frac{13}{72} \lambda^2 = \frac{13}{24} r \left(1 + \frac{s}{3r}\right) \lambda^2. \text{ Con questi valori}$$

si trova il raggio di curvatura

$$R = \frac{i^2 n}{2 a n} = \frac{9}{13} (3r + s) = \frac{27}{13} r \left(1 + \frac{s}{3r}\right).$$

Comparando questo raggio col precedente espresso da $\frac{27}{13} r$, vedesi che

quello ultimamente trovato, supera questo soltanto di $\frac{9}{13} s$, e l'osservazione avvertita, che il raggio di curvatura non dipende dal numero dei fusi, rimane inalterata.

L'altezza necessaria ai denti è indicata da

$$in = (3r + s) \frac{\lambda}{2} = \left(\frac{3r + s}{2b}\right) b\lambda = \frac{(3r + s)(4r + s)}{2b},$$

e siccome il numero N dei fusi è determinato mediante l'equazione

$$4rN = \frac{22}{7} \cdot 2b, \text{ per cui}$$

$$b = \frac{7}{11} rN$$

così l'altezza, alla quale il dente abbandona il fuso, sarà

$$en = \frac{11}{14} \cdot \frac{(3r+s)(4r+s)}{rN} = \frac{66}{7N} r \left(1 + \frac{7s}{12r} \right).$$

Le equazioni

$$4r+s = 6\lambda \quad \text{e} \quad s = \frac{7}{11} rN \quad \text{danno}$$

$$\lambda = \frac{4r+s}{6} = \frac{11(4r+s)}{7rN} = \frac{44}{7N} \left(1 + \frac{s}{4r} \right).$$

Sostituendo questo valore nella equazione

$$r - an = r \left\{ 1 - \frac{13}{24} \left(1 + \frac{s}{3r} \right) \lambda^2 \right\}, \quad \text{otterremo la semilarghezza superiore del dente}$$

$$= r \left\{ 1 - \frac{13}{24} \left(1 + \frac{s}{3r} \right) \left(\frac{44}{7N} \right)^2 \left(1 + \frac{s}{4r} \right)^2 \right\},$$

e supponendo $s < r$, avremo la medesima assai prossimamente

$$= r \left\{ 1 - \frac{21}{N^2} \left(1 + \frac{5s}{6r} \right) \right\}.$$

L'equazione del raggio di curvatura

$$R = \frac{9(3r+s)}{13}$$

ci procura il vantaggio di poter assumere per R un valore determinato, e di potere ricavare da esso lo spazio s proporzionale al medesimo, nel quale il dente che si sprigiona e quello che gli succede trovar debbono contemporaneamente in azione.

§ 159.

Per determinare la forma dei denti nel caso che un rocchetto invece di ingranare in una stanga ingrani in una ruota a denti, dobbiamo immaginarci prima che le periferie delle due ruote si muovano l'una contro l'altra, ma sieno prive di denti. Per fissare le idee, riterremo che il circolo superiore giri sull'inferiore. Siavi al punto A , fig. 315, una punta, la quale lasci una traccia in tutto il periodo della rivoluzione del circolo; la linea $AIPQ$ che ne risulta è un'epicicloide. Se il raggio AC del circolo inferiore fosse di lunghezza infinita, e conseguentemente l'arco AE una retta, allora la linea sviluppata nel modo indicato sarebbe, come si è già visto, una cicloide.

Sia Af , fig. 316, il cerchio, che deve aggirarsi sull'altro cerchio AA' , onde descrivere collo stilo A l'epicicloide $A d f A'$. Per segnare questa curva, sempre col Gerstern, divideremo la periferia del cerchio Af in un numero di parti ad arbitrio, per esempio in 12 parti uguali, e medesimamente scomporremo in altrettante parti l'intervallo AA' . Percorrendo la periferia una di queste parti dodicesime, ossia lo spazio Aa' il punto A si porterà in a , e siccome il cerchio Af può considerarsi insistere sul punto a' , perciò sarà aa' uguale alla corda Aa . Quando il cerchio sarà pervenuto in b' , il punto A si troverà in b ed il cerchio Af potrà similmente immaginarsi che insista sul punto b' cosicchè sia bb' eguale alla corda Ab : lo stesso si ragiona pei punti successivi. La curva pertanto potrà descriversi nel seguente modo: Si divida il cerchio Af in 12 o più parti fra loro uguali; si conducano pei punti di divisione le linee circolari aa, bb, cc, dd, \dots concentriche al cerchio AA' . Dal primo punto di divisione a' , con una lunghezza uguale alla corda Aa , s'intercida la prima parallela aa ; del secondo punto b' , colla corda Ab si tagli la seconda parallela bb ; dal terzo punto c' si intersechi colla Aa la parallela cc , &c. Pei punti d'intersezione così stabiliti, si faccia passare una curva continuata, e questa sarà la richiesta epicicloide.

Noi, come si è già indicato, non abbiamo bisogno di tracciare per intero l'epicicloide: cercheremo quindi anche per questa l'equazione. Sia $AC = CE = a$, fig. 315, il raggio della ruota maggiore; $AB = ED = b$ quello della minore. Giri la ruota AO sulla periferia AE della ruota più grande progredendo da A verso E . Quando il cerchio AO sarà pervenuto in EM , si avranno i due archi AE ed IE uguali fra loro.

Chiamisi λ l'angolo IDE che la ruota piccola ha descritto intorno al suo centro, e dicasi μ l'angolo $ACE = BCD$ che avrà percorso ugualmente il centro della ruota piccola intorno al centro di quella grande. La lunghezza dell'arco AE sarà uguale ad $a \cdot \mu$ e la lunghezza dell'arco $IE = b \cdot \lambda$; ed essendo i due archi AE ed IE uguali, sarà pure $a \mu = b \lambda$, ed $\mu = \frac{b \lambda}{a}$. Dal punto D si cali la perpendicolare DG sulla CB ; ed avremo

$$DG = DC \operatorname{sen.} \mu = (a - b) \operatorname{sen.} \mu, \text{ e}$$

$$CG = DC \cos. \mu = (a + b) \cos. \mu.$$

Nel triangolo KDC , l'angolo esterno DKG è uguale alla somma dei due interni opposti, e per conseguenza

$$DKG = \lambda + \mu; \text{ quindi}$$

$$DF = ID \operatorname{sen.} FID = b \operatorname{sen.} (\lambda + \mu), \text{ ed}$$

$$FI = ID \cdot \cos. FID = b \cdot \cos. (\lambda + \mu).$$

Pongasi ora l'ascissa $CH = x$, ed $HI = y$;

$$\text{sarà } x = GC - FI = (a + b) \cos. \mu - b \cos. (\lambda + \mu)$$

$$\text{ed } y = HI = GD - FD = (a + b) \sin. \mu - b \sin. (\lambda + \mu).$$

Con queste due equazioni si possono calcolare le coordinate x ed y per qualunque angolo λ dell'arco epicicloideale, e quindi anche delineare la curva stessa.

§ 260.

Se un rocchetto deve ingranare in una ruota dentata, possiamo immaginarci, come abbiamo fatto nel caso di un'asta dentata, due fusi contigui, e che il centro di uno di essi descriva l'epicicloide indicata: le linee parallele che saranno descritte dai due estremi del diametro, determineranno lo spazio necessario al libero movimento del primo fuso.

Siano E ed I , fig. 317, i luoghi geometrici dei centri dei due fusi nella alternata posizione di un dente che ingrana, e sfugge. Congiungiamo i due punti I ed E con una retta; tiriamo i raggi CA e CE della ruota dentata, e descriviamo dal centro D la periferia media, la quale passerà pei punti E ed I e delineando l'epicicloide, l'arco EI del rocchetto risulta eguale all'arco EA della ruota, ossia all'intervallo dei due fusi.

Ponghiamo ora l'angolo $IDE = \lambda$, e l'angolo $ACE = \mu$; avremo $b\lambda = a\mu = 4r$, supponendo che siasi fatto uguale ad r il raggio del fuso a del dente. Inoltre abbiamo la corda $IE = 2b \cdot \sin. \frac{1}{2} \lambda$ e se

l'angolo $\frac{1}{2} \lambda$ è minore dell'unità, la nota equazione del seno espresso in lunghezza dell'arco corrispondente, ossia

$$\sin. \frac{1}{2} \lambda = \frac{1}{2} \lambda - \frac{\left(\frac{1}{2} \lambda\right)^3}{2 \cdot 3} + \dots \text{ ci darà la lunghezza della}$$

$$\text{corda} \quad IE = b\lambda - \frac{b\lambda^3}{24};$$

ma siccome $b\lambda = 4r$, perciò anche la lunghezza della corda è

$$IE = 4r - \frac{r\lambda^2}{6}.$$

Leviamo da IE il raggio Ii del fuso, e ci rimarrà

$$iE = 3r - \frac{r\lambda^2}{6} = 3r \left(1 - \frac{\lambda^2}{18}\right).$$

Tiriamo ancora la corda AE : la tangente ai due cerchi nel punto di comune contatto E forma colla corda AE un angolo, il quale è misurato dalla metà dell'arco sotteso AE , ossia da $\frac{1}{2} \mu$; e colla corda IE , forma ugualmente un angolo misurato dalla metà dell'arco sotteso IE , ossia da $\frac{1}{2} \lambda$; per cui l'angolo $iEA = \frac{1}{2} \mu + \frac{1}{2} \lambda$; e calando sulla AE la perpendicolare in , si ha

$in = iE \cdot \text{sen. } \frac{1}{2} (\lambda + \mu)$, e se invece di iE porremo il suo valore, e trascureremo le potenze di λ ed μ superiori al secondo grado, avremo l'altezza del dente

$$in = \frac{3r}{2} (\lambda + \mu).$$

Di qui si deduce, che i denti avranno sempre la stessa altezza, fintanto che la somma dei due angoli $\lambda + \mu$, sarà uguale. Conseguentemente potrà essere λ maggiore o minore di μ , ossia la ruota più grande potrà imboccare in un rocchetto più piccolo, o viceversa un rocchetto di grande diametro in una ruota di piccolo diametro, che non per questo l'altezza del dente rimarrà costante finchè la somma dell'angolo $\lambda + \mu$, ossia il numero dei fusi e dei denti riunito, sarà lo stesso.

Finalmente è la corda

$$AE = 2a \text{ sen. } \frac{1}{2} \mu = a\mu \left(1 - \frac{\mu^2}{24}\right) = 4r \left(1 - \frac{\mu^2}{24}\right);$$

sottraendo da questa uguaglianza la quantità $Aa = r$ rimane

$$aE = 3r - \frac{4r\mu^2}{24} = 3r \left(1 - \frac{\mu^2}{18}\right).$$

Inoltre $nE = iE \cdot \cos. \left(\frac{\lambda + \mu}{2}\right) = iE \left(1 - \frac{1}{8} (\lambda + \mu)^2\right)$, e sostituendo ad iE il suo valore trovato di sopra, ed abbandonando ugualmente le potenze superiori di λ e μ , avremo

$$nE = 3r \left(1 - \frac{\lambda^2}{8} - \left(\frac{(\lambda + \mu)^2}{8}\right)\right).$$

Sottraendo questo valore da quello di aE , rimarrà

$$aE - nE = an = 3r \left\{ \frac{(\lambda + \mu)^2}{8} + \frac{\lambda^2 - \mu^2}{18} \right\} = \frac{3r}{8} (\lambda + \mu)^2 \left\{ 1 + \frac{4}{9} \left(\frac{\lambda - \mu}{\lambda + \mu} \right) \right\}.$$

Con questo valore troveremo il raggio di curvatura del dente, collo stesso andamento del § 29.

$$R = \frac{(in)^2}{2an} = \frac{\left(\frac{3}{2} r (\lambda + \mu)\right)^2}{\frac{3}{2} r (\lambda + \mu)^2 \left\{1 + \frac{4}{9} \left(\frac{\lambda - \mu}{\lambda + \mu}\right)^2\right\}} = \frac{3r}{1 + \frac{4}{9} \left(\frac{\lambda - \mu}{\lambda + \mu}\right)^2}.$$

Da questa equazione ricaviamo nuovamente

1.° Che il raggio di curvatura dei denti non dipende dalla grandezza assoluta dell'angolo λ , o μ , ma bensì dal rapporto $\frac{\lambda}{\mu}$, ossia dalla relazione dei raggi delle due ruote $\frac{b}{a}$, e quindi da quella del numero dei fusi e dei denti $\frac{N}{N'}$.

2.° Che il raggio di curvatura R è minimo, e la curvatura massima, quando $\mu = 0$, ossia quando l'ingranamento succede tra una ruota ed un'asta dentata. In questo caso, il raggio di curvatura dei denti dell'asta è

$$R = \frac{3r}{1 + \frac{4}{9}} = \frac{27r}{13}, \text{ e quindi uguale assai prossimamente alla lar-}$$

ghezza $2r$ dei denti.

3.° Che se è uguale il numero dei denti e dei fusi, ossia se sono uguali i raggi della ruota e del rocchetto, e conseguentemente sia $\lambda = \mu$, avremo $R = 3r$, ossia il raggio di curvatura dei denti, è uguale al triplo di un raggio dei fusi.

4.° Finalmente che se $\lambda = 0$, vale a dire che debba ingranare un'asta a denti piegati in curva circolare, con una ruota dentata, il raggio di curvatura sarà massimo, cioè $= \frac{27r}{5} = \frac{27}{5} r$ ossia $\lambda = 2,7 \cdot 2r$.

Donde si desumono i limiti del raggio di curvatura R , che saranno compresi fra $1,04 \cdot 2r$, e $2,70 \cdot 2r$.

§ 161.

La larghezza dei denti al piede, ossia sulla corda AE , fig. 317, è visibilmente $ae = 2a \sin \frac{1}{2} \mu = 2r$.

Ma perchè l'arco $AE = a \mu = 4r$, e quindi

$$a = \frac{4r}{\mu}, \text{ così sarà la larghezza}$$

$$ae = \frac{4r}{\mu} \cdot 2 \operatorname{sen.} \frac{1}{2} \mu - 2r = 4r - \frac{2r \mu^2}{12} - 2r = 2r \left(1 - \frac{\mu^2}{12} \right).$$

Se l'arco AE fosse una retta la larghezza del dente al piede sarebbe $= 4r - 2r = 2r$, cioè uguale alla larghezza del fuso.

Se il contorno della ruota sarà munito di sei denti, sarà l'arco

$$AE = \frac{2a}{6} \cdot \frac{22}{7} = \frac{22a}{21}, \text{ e la corda } AE = 2a \operatorname{sen} \frac{1}{2} \mu = a.$$

Ma siccome l'arco $AE = 2 \cdot 2r = \frac{22}{21} a$, perciò sarà il raggio a ossia la corda

$$AE = \frac{21}{22} 4r = \frac{21}{11} \cdot 2r; \text{ e togliendo da questa la quantità } Aa + eE = 2r,$$

rimarrà l'agio $= \frac{10}{11} \cdot 2r$ cosicchè la larghezza dei denti al piede è più

piccola di $\frac{1}{11}$ del diametro dei fusi. L'Eytelwein a questo proposito tiene

i denti $\frac{1}{8}$ più scarsi dei fusi, e lo pone per fondamento, che i denti ab-

bisognano di un agio per muoversi liberamente. Siccome però questa diminuzione dipende unicamente dal numero dei denti, o dei fusi, e noi l'abbiamo già considerata nel determinare il raggio R di curvatura, così è evidente, che nella nostra ipotesi non occorre ulteriore agio.

Pongasi il numero dei fusi $= N$, sarà visibilmente

$$b \lambda = \frac{44}{7} \cdot \frac{b}{N} = 4r \text{ donde } \lambda = \frac{44}{7} N,$$

Allo stesso modo, chiamando N' il numero dei denti della ruota, avremo

$$\mu = \frac{44}{7} N', \text{ e quindi}$$

$$\frac{\lambda}{\mu} = \frac{N'}{N}, \text{ ed il raggio di curvatura}$$

$$R = \frac{3r}{1 + \frac{4}{9} \left(\frac{N' - N}{N' + N} \right)} = \frac{3r}{1 + \frac{4}{9} \left(\frac{a - b}{a + b} \right)}$$

Di quivi si ricava la semilarghezza in sommità del dente

$$\begin{aligned}
 &= r - an = r - \frac{3}{8} r (\lambda + \mu)^2 \left\{ 1 + \frac{4}{9} \left(\frac{\lambda - \mu}{\lambda + \mu} \right) \right\} \\
 &= r - \frac{3}{8} r \left(\frac{44}{7} \right)^2 \left(\frac{1}{N} + \frac{1}{N'} \right)^2 \left\{ 1 + \frac{4}{9} \left(\frac{N' - N}{N' + N} \right) \right\} \\
 &= r \left\{ 1 - \frac{14,82}{N^2} \left(1 + \frac{b}{a} \right)^2 \left(1 + \frac{4}{9} \left(\frac{a - b}{a + b} \right) \right) \right\} \\
 &= r \left\{ 1 - \frac{14,82}{(N')^2} \left(1 + \frac{a}{b} \right)^2 \left(1 + \frac{4}{9} \left(\frac{a - b}{a + b} \right) \right) \right\}.
 \end{aligned}$$

Con queste equazioni si può calcolare tanto il raggio di curvatura R , quanto la larghezza in sommità dei denti, qualunque sia il rapporto $\frac{b}{a}$; e poichè il dente nella sua estremità superiore deve sempre avere una grossezza commisurata allo sforzo da superare, così quest'ultima equazione serve anche a determinare secondo la semilarghezza in sommità dei denti, il numero dei denti stessi, e dei fusi che deve darsi al ruotismo.

APPLICAZIONE. Sia $\frac{b}{a} = \frac{1}{4}$, e la grossezza necessaria in sommità $= \frac{1}{2} : 2r$; avremo l'equazione

$$\frac{1}{2} = 1 - \frac{14,82}{N^2} \cdot \frac{25}{16} \left(1 + \frac{4}{9} \cdot \frac{3}{5} \right), \text{ donde si cava } N^2 = 58,66,$$

e dovendo essere N un numero intero, il numero dei fusi sarà $N = 8$, ed il numero dei denti $N' = \frac{a}{b} \cdot N = 32$.

Quivi il profilo dei fusi può essere curvilineo, od anche rettilineo, e la forma dei denti verrà determinata col raggio di curvatura

$$R = \frac{3r}{1 + \frac{4}{9} \left(\frac{a - b}{a + b} \right)} = \frac{3r}{1 + \frac{4}{15}} = \frac{45r}{19} = 2,37 \cdot r.$$

§ 162.

I calcoli precedenti sono basati sulla condizione impossibile ad essere soddisfatti che al momento che un dente si sprigiona, il più prossimo successivo abbia ad imboccare, e che il moto proceda uniformemente e senza la menoma

sospensione: ora supporremo un intervallo s durante il quale il dente presso a sprigionarsi rimanga tuttavia in azione, mentre il successivo imbocca perfettamente.

Si congiunga il punto A col punto E , fig. 318, e si ritengano le anteriori denominazioni; si avrà la corda dell'arco

$$AE = 2a \operatorname{sen} \frac{1}{2} \mu = a\mu \left(1 - \frac{\mu^2}{24}\right);$$

e siccome

$$a\mu = b\lambda = 4r + s,$$

sarà pure

$$AE = (4r + s) \left(1 - \frac{\mu^2}{24}\right).$$

E levando il raggio $Aa = r$, rimane

$$aE = (3r + s) - (4r + s) \frac{\mu^2}{24}.$$

Istessamente è la corda

$$IE = 2b \operatorname{sen} \frac{1}{2} \lambda = b\lambda \left(1 - \frac{\lambda^2}{24}\right) = (4r + s) \left(1 - \frac{\lambda^2}{24}\right).$$

Quivi ancora deducendo il raggio del rocchetto $Ii = r$, resta

$$iE = (3r + s) - (4r + s) \frac{\lambda^2}{24}.$$

Nel triangolo $i n E$ abbiamo l'angolo $iEn = \frac{1}{2}(\lambda + \mu)$; quindi

l'altezza del dente $in = iE \operatorname{sen} \left(\frac{\lambda + \mu}{2}\right)$ e trascurando le potenze superiori di λ e μ , si avrà l'altezza del dente $in = (3r + s) \left(\frac{\lambda + \mu}{2}\right)$.

Parimenti avremo

$$nE = iE \cos \frac{1}{2}(\lambda + \mu) = iE \left(1 - \frac{(\lambda + \mu)^2}{8}\right)$$

e ponendo invece di iE il valore trovato di sopra, trascurate le potenze superiori di λ e μ , avremo

$$nE = (3r + s) \left(1 - \frac{1}{8}(\lambda + \mu)^2\right) - (4r + s) \frac{\lambda^2}{24}.$$

Sottraendo questa quantità da aE , rimarrà

$$an = \frac{(3r + s)}{8} (\lambda + \mu)^2 \left\{1 - \frac{1}{3} \left(\frac{4r + s}{3r + s}\right) \left(\frac{\lambda - \mu}{\lambda + \mu}\right)\right\};$$

supponendo s minore di r , potremo porre

$$\frac{4r+s}{3r+s} = \frac{4}{3}; \text{ ed essendo } b\lambda = a\mu \text{ sarà pure}$$

$$\frac{\lambda - \mu}{\lambda + \mu} = \left(\frac{a-b}{a+b} \right); \text{ per conseguenza anche}$$

$$an = \frac{(3r+s)}{8} (\lambda + \mu)^2 \left\{ 1 + \frac{4}{9} \left(\frac{a-b}{a+b} \right) \right\}.$$

Con questi valori, si troverà il raggio di curvatura

$$R = \frac{(in)^2}{2an} = \frac{\frac{1}{4}(3r+s)^2 (\lambda + \mu)^2}{\frac{1}{4}(3r+s)(\lambda + \mu)^2 \left\{ 1 + \frac{4}{9} \left(\frac{a-b}{a+b} \right) \right\}} = \frac{3r+s}{1 + \frac{4}{9} \left(\frac{a-b}{a+b} \right)}.$$

La semilarghezza del dente in sommità è espressa da

$$r - an = r - \left(\frac{3r+s}{8} \right) (\lambda + \mu)^2 \left\{ 1 + \frac{4}{9} \left(\frac{a-b}{a+b} \right) \right\};$$

$$\text{e per essere } N \cdot 4r = \frac{22}{7} \cdot 2b, \text{ e } \lambda = \frac{4r+s}{b};$$

$$\text{come pure } N' \cdot 4r = \frac{22}{7} \cdot 2a, \text{ ed } \mu = \frac{4r+s}{a},$$

$$\text{avremo } \lambda + \mu = \frac{44}{7} \left(1 + \frac{s}{4r} \right) \left(\frac{1}{N} + \frac{1}{N'} \right), \text{ e la semilarghezza del dente in sommità}$$

$$= r - \frac{3r}{8} \left(1 + \frac{s}{3r} \right) \left(1 + \frac{s}{4r} \right)^2 \left(\frac{44}{7} \right)^2 \left(\frac{1}{N} + \frac{1}{N'} \right)^2 \left\{ 1 + \frac{4}{9} \left(\frac{a-b}{a+b} \right) \right\}$$

$$= r \left\{ 1 - \frac{14.82}{N^2} \left(1 + \frac{s}{3r} \right) \left(1 + \frac{s}{4r} \right)^2 \left(1 + \frac{b}{a} \right)^2 \left(1 + \frac{4}{9} \left(\frac{a-b}{a+b} \right) \right) \right\}$$

L'altezza del dente è

$$in = (3r+s) \frac{22}{7} \left(1 + \frac{s}{4r} \right) \left(\frac{1}{N} + \frac{1}{N'} \right) = \frac{66r}{7N} \left(1 + \frac{s}{3r} \right) \left(1 + \frac{s}{4r} \right) \left(1 + \frac{b}{a} \right).$$

Queste equazioni hanno il vantaggio, di poter assumere per s , R ed N valori tali, ai quali non solo corrisponderà un movimento dolce, ed una conveniente stabilità, ma riuscirà eziandio comodo e facile il delineamento dei denti. Ne abbiamo un esempio nella seguente tabella.

Nella prima colonna è indicato il rapporto di $\frac{b}{a}$.

Nella seconda la grandezza assunta del raggio di curvatura.

La terza colonna comprende lo spazio s calcolato sui precedenti dati, vale a dire l'intervallo nel quale due denti contigui agiscono simultaneamente.

Nella quarta colonna è calcolata la conseguente larghezza dei denti.

Similmente nella quinta colonna abbiamo aggiunto il numero dei denti necessario pei rocchetti, affinchè la larghezza in sommità dei denti diventi la metà in circa di quella al piede, ossia $= r$.

La sesta colonna contiene la larghezza dei denti in sommità, corrispondente al valore supposto di N , ossia della quinta colonna.

La settima finalmente esprime l'altezza dei denti.

Rapporto dei raggi $\frac{b}{a}$	Raggio di curvatura R	Spazio percorso in comune s	Larghezza dei denti in sommità $2(r - an)$	Numero dei fusi n	Larghezza dei denti in sommità $2(r - an)$	Altezza dei denti in
0	$2,5r$	$0,31 \cdot 2r$	$2r \left(1 - \frac{34,5}{N^2}\right)$	8	$0,46 \cdot 2r$	$0,82 \cdot 2r$
$\frac{1}{30}$	$2,5r$	$0,27 \cdot 2r$	$2r \left(1 - \frac{34,1}{N^2}\right)$	8	$0,47 \cdot 2r$	$0,82 \cdot 2r$
$\frac{1}{15}$	$2,5r$	$0,24 \cdot 2r$	$2r \left(1 - \frac{34,1}{N^2}\right)$	8	$0,47 \cdot 2r$	$0,82 \cdot 2r$
$\frac{1}{12}$	$2,5r$	$0,22 \cdot 2r$	$2r \left(1 - \frac{33,8}{N^2}\right)$	8	$0,47 \cdot 2r$	$0,81 \cdot 2r$
$\frac{1}{10}$	$2,5r$	$0,20 \cdot 2r$	$2r \left(1 - \frac{33,5}{N^2}\right)$	8	$0,48 \cdot 2r$	$0,81 \cdot 2r$
$\frac{1}{8}$	$2,5r$	$0,18 \cdot 2r$	$2r \left(1 - \frac{33,6}{N^2}\right)$	8	$0,48 \cdot 2r$	$0,81 \cdot 2r$
$\frac{1}{6}$	$2,5r$	$0,15 \cdot 2r$	$2r \left(1 - \frac{33,8}{N^2}\right)$	8	$0,47 \cdot 2r$	$0,81 \cdot 2r$
$\frac{1}{5}$	$2,75r$	$0,28 \cdot 2r$	$2r \left(1 - \frac{42,7}{N^2}\right)$	9	$0,47 \cdot 2r$	$0,85 \cdot 2r$
$\frac{1}{4}$	$2,75r$	$0,24 \cdot 2r$	$2r \left(1 - \frac{42,7}{N^2}\right)$	9	$0,47 \cdot 2r$	$0,85 \cdot 2r$
$\frac{1}{3}$	$2,75r$	$0,18 \cdot 2r$	$2r \left(1 - \frac{42,8}{N^2}\right)$	10	$0,57 \cdot 2r$	$0,77 \cdot 2r$
$\frac{1}{2}$	$2,75r$	$0,08 \cdot 2r$	$2r \left(1 - \frac{43,6}{N^2}\right)$	10	$0,56 \cdot 2r$	$0,77 \cdot 2r$
$\frac{2}{3}$	$3r$	$0,13 \cdot 2r$	$2r \left(1 - \frac{55,2}{N^2}\right)$	11	$0,54 \cdot 2r$	$0,83 \cdot 2r$
1	$3,25r$	$0,13 \cdot 2r$	$2r \left(1 - \frac{73,1}{N^2}\right)$	12	$0,49 \cdot 2r$	$0,91 \cdot 2r$

Le prime quattro colonne di questa tabella contengono propriamente uno specchio generale di quest'oggetto, quale risulta dai calcoli superiormente esposti. Nella seconda rubrica trovasi il raggio di curvatura per profilare i denti, il quale, come abbiamo già fatto osservare, non è determinato dal numero dei fusi, o dei denti delle ruote individue, ma soltanto dal rapporto di $\frac{a}{b}$. Così, a dimostrazione d'esempio, il raggio di curvatura per una ruota di 36 denti che ingrana con un rocchetto di sei fusi, è eguale a quello di una ruota da 60 denti accoppiata con un rocchetto a 10 fusi; vale a dire che nei mentovati due casi, dove il numero dei fusi è contenuto similmente 6 volte in quello dei denti, il raggio di curvatura è sempre $= 2,5r$, ovvero per essere r la semilarghezza del fuso, ossia $\frac{1}{4}$ d'intervallo, il raggio di curvatura sarà $\frac{3}{8}$ dell'intervallo medesimo. È pure osservabile che questo raggio di curvatura, non impicciolisce molto, coll'aumentare il numero dei denti, vale a dire che questi fossero 8, 10, o 12 volte quello dei fusi. Sol quando il rapporto del numero dei denti a quello dei fusi sia minore di $6:1$, come se fosse per es. di $5:1$, o di $4:1$, bisogna prendere il raggio di curvatura più grande di $2,5r$, cioè $2,75r$, ossia $\frac{11}{16}$ d'intervallo, come lo dimostra la tabella. Il raggio di curvatura dei denti è massimo quando il diametro della ruota e del rocchetto sono uguali, nel qual caso diventa $3r$, ossia $\frac{3}{4}$ d'intervallo, non facendo attenzione allo spazio s nel quale due denti contigui agiscono contemporaneamente: se però questo spazio sarà eguale ad $\frac{1}{4}r$ ossia ad $\frac{1}{16}$ d'intervallo, bisognerà prendere $3\frac{1}{4}r$ per il raggio di curvatura, osiano $\frac{13}{16}$ d'intervallo.

Questa colonna serve parimenti nel caso reciproco di dover trovare il rapporto delle ruote, allorchè sia nota la grandezza del raggio di curvatura. — Così, per modo d'esempio, Le Blanc (1) ci dà una regola per profilare i denti, colla quale il raggio di curvatura è eguale a $3r$, ossia ad una volta e mezza la larghezza del fuso. Questo valore nella nostra tabella lo troviamo pel solo caso che i diametri della ruota e del rocchetto

(1) *Choix de Modèles appliqués à l'enseignement du dessin des Machines*; Paris, 1830, Planch. 16.

sieno uguali, o non molto differenti. Istessamente potremo giudicare, e conoscere in quale circostanza di rapporto sieno applicabili i precetti analoghi che ci sono esibiti da altri scrittori.

La quarta colonna serve specialmente a determinare la larghezza dei denti alla sommità, e contiene le condizioni da soddisfare perchè abbia luogo un ingranamento senza intermissione. Così per esempio, col rapporto $\frac{a}{b} = \frac{1}{6}$, troviamo la larghezza dei denti alla sommità $= 2r \left(1 - \frac{33,8}{N^2} \right)$; questa espressione dovendo risultare necessariamente positiva, vediamo che il numero dei fusi R potrebbe bene essere maggiore, ma non minore di sei, perchè altrimenti la larghezza dei denti alla sommità diventerebbe negativa, e conseguentemente il dente non potrebbe più raggiungere il fuso, dopo essersi liberato. La stessa colonna ci dimostra che la larghezza dei denti alla sommità è tanto più grande, quanto è maggiore il numero stabilito dei fusi. Per agevolare i calcoli relativi si sono aggiunte le colonne quinta, sesta e settima, dove per il caso che la larghezza del dente alla sommità non differisca molto dalla metà della sua larghezza al piede, il numero dei fusi deve uguagliare per lo meno quello esposto nella quinta colonna. Molte e disparate essendo le regole insegnate da diversi scrittori per il delineamento dei denti, riesce impossibile l'abbracciarle con una formula generale; ma col confronto di questa tabella, si potranno riconoscere i casi nei quali sarà applicabile ciascuna di esse.

§ 164.

Un esempio circa al modo di delineare un dente ci si offre nella fig. 319, dove si suppone il rapporto $\frac{b}{a} = \frac{1}{3}$. Dalla tabella si ha il raggio di curvatura dei denti $= 2,75r$ ossia $11/4$ d'intervallo. Il numero dei fusi nel nostro caso, ritenuto che la larghezza dei denti alla sommità abbia ad essere la metà, o poco più di quella al piede, è di 10; che se il dente alla sommità volesse farsi molto più largo, e tenerlo per es. $3/4$ $2r$, allora dovrebbe essere $1 - \frac{42,8}{N^2} = \frac{3}{4}$ e quindi il numero dei fusi $N = 13$ dove però la grandezza del raggio di curvatura rimane invariabile, come succede in altri casi. Conforme alla stessa tabella, l'altezza dei denti nel nostro esempio è eguale a 0,77 della loro larghezza. Per poter delineare i denti si divida la periferia primitiva del rocchetto $IESTI$ in tante parti uguali quanti devono essere i suoi fusi, e quindi nel nostro caso in 10

ed una di queste sia la IE . Questa parte IE dividaasi ancora in quattro Ii , io , oe ed eE ; con questa quarta parte $Ii = r$, si descrivano dei circoletti sovra ciascuno dei dieci punti di divisione della periferia primitiva, e questi rappresenteranno i fusi. Gli spazj che rimangono tra i fusi sono destinati ai denti della ruota.

Prendasi ora col compasso la grossezza $2r$ di un fuso, e questa si porti sulla periferia primitiva MN della ruota, quante volte può esservi compresa. Per descrivere la superficie anteriore del dente, da cui è spinto il fuso, si prenda una larghezza di compasso uguale al raggio di curvatura, e nel nostro caso $= 2,75r$ ossia alla distanza im ed in uno dei punti di divisione a si ponga una delle punte del compasso, e coll'altra si marchi il centro m , col quale si descriverà l'arco ap . Collo stesso raggio si descriveranno ugualmente gli archi $a'p'$, $a''p''$... facendo oentro nei punti di divisione a' , a'' ... I denti delle ruote però, dovendo farsi più magri di quello che comporterebbe l'originario scompartimento, per lasciar loro il necessario agio, e ritenuto che questo sia rappresentato per ciascun dente da ef si planterà la punta del compasso alla distanza ef di ciaschedun punto di divisione, e con ugual raggio si descriverà l'arco opposto $f'q'$ del dente, e gli omologhi $f''q''$, $f'''q'''$... Questa regola ci viene insegnata dal Gerstner (1) ed è diversa da quella del Neumann il quale, come si è già veduto, tiene il fuso di 3 settimi e mezzo d'intervallo, il che corrisponde come nella regola del Gerstner ad un mezzo intervallo, ma tiene la larghezza del dente di soli $\frac{3}{7}$ d'intervallo, per cui l'agio, o spazio libero risulta di $\frac{1}{2} \cdot \frac{1}{7}$

ossia $\frac{1}{14}$ d'intervallo. Finalmente dassi a ciascun dente l'altezza confacente $np = 0,77 \cdot 2r$, ossia 0,385 d'intervallo. L'altezza del dente al disotto della periferia primitiva, è uguale manifestamente al raggio r del fuso, al quale suole aggiungersi uno spazio libero arbitrario. L'altezza totale dei denti, al di sopra della corona della ruota, sarà quindi uguale alla somma delle altezze sopra e sotto alla periferia primitiva, ed allo spazio libero arbitrario.

§ 165.

Ora che abbiamo trattato del caso di una ruota dentata mossa da un rocchetto a fusi cilindrici, entreremo a far parola del secondo caso, cioè

(1) *Manuale di meccanica*, vol. III, § 37.

di quello di una ruota grande a fusi cilindrici, oppure con denti parimenti configurati a cilindro, a riscontro di una piccola munita di denti, e determineremo la relativa configurazione, l'altezza e la larghezza in sommità dei denti medesimi.

Le equazioni generali di sopra riferite servono anche in questo caso, qualora solamente si osservi che il raggio a della ruota ingranante è più piccolo di quello b della ruota ingranata.

Di qui si ottiene il *raggio di curvatura*

$$R = \frac{3r + s}{1 - \frac{4}{9} \left(\frac{b-a}{b+a} \right)}$$

Nello stesso modo si ha l'*altezza del dente*

$$in = \frac{66r}{7N'} \left(1 + \frac{s}{3r} \right) \left(1 + \frac{s}{4r} \right) \left(1 + \frac{a}{b} \right) = 66 \frac{r}{N'} \left(1 + \frac{a}{b} \right) \left(\frac{1}{7} + \frac{s}{12r} \right) = H.$$

Nelle due ultime equazioni fu preso come fattore il numero dei denti N' della ruota più piccola, invece di quello dei fusi N della ruota più grande, perchè N' è più piccolo di N , e nel fattore $\left(1 + \frac{a}{b} \right)$ la quantità $\frac{a}{b}$ diventa frazionaria, e il calcolo riesce più facile.

La semilarghezza dei denti alla sommità è rappresentata da $r - an$, e giusta il § 162 è

$$= r - \frac{3r}{8} \left(1 + \frac{s}{3r} \right) \left(1 + \frac{s}{4r} \right)^2 \left(\frac{44}{7} \right)^2 \left(\frac{1}{N'} + \frac{1}{N} \right)^2 \left\{ 1 + \frac{4}{9} \left(\frac{a-b}{a+b} \right) \right\}.$$

Nel nostro caso b è maggiore di a , ed assumendo a fattore il numero N' dei denti della ruota minore avremo la semilarghezza in sommità

$$= r \left\{ 1 - \frac{14,82}{(N')^2} \left(1 + \frac{s}{3r} \right) \left(1 + \frac{s}{4r} \right)^2 \left(1 + \frac{a}{b} \right)^2 \left(1 - \frac{4}{9} \left(\frac{b-a}{b+a} \right) \right) \right\}.$$

Con queste equazioni si calcolerà lo spazio comune s corrispondente a diversi valori di $\frac{a}{b}$ desumendolo da quello di R , e con questo si determi-

nerà la larghezza dei denti alla sommità. Le tre ultime colonne comprendono le dimensioni nei casi speciali che r sia pressochè uguale alla larghezza in sommità.

Tavola per determinare la forma dei denti ed il loro numero nella ipotesi che una ruota piccola dentata ingrani in una lanterna od in una ruota grande a denti cilindrici.

Rapporto dei raggi $\frac{a}{b}$	Raggio di curvatura R	Spazio percorso in comune s	Larghezza dei denti in sommità $2r\left(1 - \frac{a}{r}\right)$	La larghezza in sommità è uguale prossimamente ad r		
				Numero minimo dei denti N'	Larghezza dei denti in sommità	Altezza dei denti
1	3,25r	0,25r	$2r\left(1 - \frac{72,5}{(N')^2}\right)$	12	0,50 . 2r	0,90 . 2r
$\frac{2}{3}$	3,50r	0,19r	$2r\left(1 - \frac{43,8}{(N')^2}\right)$	9	0,46 . 2r	0,97 . 2r
$\frac{1}{2}$	3,75r	0,19r	$2r\left(1 - \frac{33,1}{(N')^2}\right)$	8	0,48 . 2r	0,98 . 2r
$\frac{1}{3}$	4,00r	0,11r	$2r\left(1 - \frac{22,4}{(N')^2}\right)$	7	0,54 . 2r	0,96 . 2r
$\frac{1}{4}$	4,25r	0,12r	$2r\left(1 - \frac{18,7}{(N')^2}\right)$	7	0,62 . 2r	0,90 . 2r
$\frac{1}{5}$	4,50r	0,17r	$2r\left(1 - \frac{17,2}{(N')^2}\right)$	6	0,52 . 2r	1,04 . 2r
$\frac{1}{6}$	4,50r	0,07r	$2r\left(1 - \frac{14,6}{(N')^2}\right)$	6	0,59 . 2r	0,95 . 2r
$\frac{1}{7}$	4,75r	0,17r	$2r\left(1 - \frac{14,8}{(N')^2}\right)$	6	0,59 . 2r	0,99 . 2r
$\frac{1}{8}$	4,75r	0,11r	$2r\left(1 - \frac{13,4}{(N')^2}\right)$	6	0,63 . 2r	0,94 . 2r
$\frac{1}{9}$	5,00r	0,22r	$2r\left(1 - \frac{14,1}{(N')^2}\right)$	6	0,61 . 2r	0,99 . 2r
$\frac{1}{10}$	5,00r	0,18r	$2r\left(1 - \frac{13,2}{(N')^2}\right)$	6	0,63 . 2r	0,96 . 2r
$\frac{1}{12}$	5,00r	0,12r	$2r\left(1 - \frac{12,0}{(N')^2}\right)$	5	0,52 . 2r	1,09 . 2r
$\frac{1}{15}$	5,00r	0,06r	$2r\left(1 - \frac{10,8}{(N')^2}\right)$	5	0,57 . 2r	1,04 . 2r
$\frac{1}{30}$	5,25r	0,07r	$2r\left(1 - \frac{9,8}{(N')^2}\right)$	5	0,61 . 2r	1,01 . 2r
$\frac{1}{60}$	5,50r	0,14r	$2r\left(1 - \frac{9,8}{(N')^2}\right)$	5	0,61 . 2r	1,04 . 2r
0	5,75r	0,19r	$2r\left(1 - \frac{9,6}{(N')^2}\right)$	5	0,62 . 2r	1,05 . 2r

Da questa tabella si ricava che i raggi di curvatura diventano sempre più grandi, allorchè una ruota piccola dentata deve ingranare in una di maggior diametro, purchè i denti si trovino nella ruota più grande, ed i fusi nella più piccola, come è il caso di cui abbiamo già trattato. Siccome i denti a figura circolare sono più facili da costruirsi, così gli oriuolaj sogliono rotondare, o come essi dicono *voltare* circolarmente la maggior parte dei denti delle ruote maggiori, conformando quelli dei rocchetti come occorre perchè il ruotismo abbia moto regolare ed uniforme. La precedente tabella porge gli elementi necessarj per delinearli come conviene.

Evvi aggiunto anche il numero e l'altezza dei denti nella ipotesi che la larghezza alla sommità del dente abbia ad essere la metà in circa di quella da piedi. Del resto questa tabella insegna che l'altezza dei denti in generale è più grande di quella che si trova comunemente indicata negli scritti relativi a questa materia.

Ognuno può persuadersi della necessità di tale maggiore altezza, segnando attentamente i denti in diverse posizioni dall'istante che imboccano fino a quello che si spigionano.

Desiderando di trovare, od esigendosi per il miglior effetto del meccanismo che l'altezza sia minore, uguale per esempio alla semilarghezza del dente, si potrebbe desumere il corrispondente maggior numero dei denti dall'equazione generale della loro altezza, ossia da

$$i n = \frac{66 r}{7 N'} \left(1 + \frac{s}{3 r} \right) \left\{ 1 + \frac{s}{4 r} \left(1 + \frac{a}{b} \right) \right\} = r.$$

Del resto è chiaro per sè stesso, che per determinare l'altezza totale dei denti, bisognerà a quella trovata col calcolo, aggiungervi la semilarghezza dei fusi, e lo spazio libero sotto ai medesimi.

Con queste spiegazioni siamo in grado di determinare il raggio di una ruota già fatta, o da farsi. Una ruota a denti voltati in tondo, ha visibilmente per suo raggio, ossia per quello del cerchio primitivo la distanza dal centro dei denti circolari, al centro della ruota, e se quest'ultimo si conosce, il raggio del cerchio della seconda ruota si trova colla nota proporzione

$$N : N' = b : a.$$

Nella tabella del § antecedente, per esempio, abbiamo una piccola ruota da otto denti che ingrana in una più grande con sedici denti configurati ad arco di cerchio, come è delineato nella fig. 320. Il raggio di curvatura dei denti della piccola ruota *A* è $= 3,75 r$, in forza della tabella,

giacchè questo valore corrisponde appunto al rapporto di $\frac{a}{b} = \frac{1}{2}$. I denti della ruota più grande B al disopra della periferia primitiva sono voltati ad arco di cerchio. L'altezza dei denti della piccola ruota, per la stessa tabella è $= 0,98 \cdot 2r$ ossia quasi uguale alla semilarghezza dei denti. Di quivi emerge che l'altezza dei denti della ruota grande al disotto della periferia primitiva, ossia qr dovrebbe essere un po' più grande di $0,98 \cdot 2r$, e l'altezza dei denti della piccola ruota al disotto del cerchio primitivo, ossia no , basta che sia uguale ad n .

§ 167.

Nei calcoli precedenti, insieme colla scala dei rapporti $\frac{b}{a}$ abbiamo preso per base del raggio di curvatura una determinata scala crescente sempre di $\frac{1}{4}r$, colla mira di mostrare i soli casi circa alle regole finora insegnate dai pratici, in cui queste sono adattate, e regolare congruamente la grossezza, l'altezza e le altre dimensioni da darsi ai denti.

Un gran numero di questi calcoli però, avendo dimostrato, che per questa via nessuno dei corrispondenti risultati potrebbe costituire una regola certa, e che inoltre la diversità dei valori di s nella terza colonna non potrebbe condurre ad una regola uniforme per determinare l'agio fra i denti e i fusi, sarà quindi più conveniente assumere per questo agio arbitrario un valore determinato, il quale sia però poco diverso da quelli fin qui adottati in pratica, e si avrà in vista che il calcolo e la sua esposizione siano possibilmente agevolati, e quindi procedano in modo facile non solo l'altezza, la larghezza e la curvatura dei denti, ma possano eziandio senza difficoltà essere giudicate le conseguenze delle incontrate anomalie.

Nel § 162 l'altezza in del dente, che in generale chiameremo A è espressa colla equazione

$$\frac{66r}{N} \left(1 + \frac{s}{3r}\right) \left(1 + \frac{s}{4r}\right) \left(1 + \frac{b}{a}\right).$$

Moltiplichiamo i due termini medj ed a causa dell'insignificanza della quantità $\left(\frac{s}{r}\right)^2$ avremo l'equazione

$$A = \frac{66r}{7N} \left(1 + \frac{7s}{12r}\right) \left(1 + \frac{b}{a}\right).$$

Poniamo $s = \frac{2}{7} r$ ossia $= \frac{1}{14}$ d'intervallo, ed avremo l'altezza dei denti al disopra della periferia primitiva

$$A = \frac{11r}{N} \left(1 + \frac{b}{a} \right) = \frac{11r}{N} \left(1 + \frac{a}{b} \right).$$

Con questa formola semplice è calcolata la terza colonna delle due tabelle successive.

In maniera ancora più facile si ottiene l'espressione della larghezza alla sommità dei denti. Infatti, essendo il raggio di curvatura

$$R = \frac{(in)^2}{2an} = \frac{A^2}{2an}, \text{ è anche reciprocamente } an = \frac{A^2}{2R}. \text{ La lar-}$$

ghezza dei denti alla sommità è $B = 2(r - an)$, e quindi

$$= 2r - \frac{A^2}{R}. \text{ Con questa formola sono calcolati i valori della quarta}$$

colonna delle seguenti tabelle.

Il raggio di curvatura nella seconda colonna è calcolato colla formola generale

$$R = \frac{3r + s}{1 + \frac{4}{9} \left(\frac{a-b}{a+b} \right)} = \frac{3r + s}{1 - \frac{4}{9} \left(\frac{b-a}{b+a} \right)}$$

e lo spazio s in cui due denti consecutivi devono agire di conserva è fatto

$$= \frac{2}{7} r.$$

L'altezza dei denti, non deve essere troppo piccola, onde ciascuno di essi non abbandoni il fuso corrispondente prima che il dente successivo non abbia ingranato; ma non deve neppure farsi troppo grande, nè eccedere di troppo il raggio del fuso, perchè altrimenti l'agio tra i fusi e la corona della ruota, verrebbe inutilmente aumentato, e la grossezza dei denti affievolita. Noi quindi attenendoci alla pratica più comune, abbiamo uguagliata l'altezza del dente al disopra della periferia primitiva al raggio

del fuso. Di quivi ricaviamo l'equazione $\frac{11r}{N} \left(1 + \frac{b}{a} \right) = r$, e da

questa il numero dei denti $N = 11 \left(1 + \frac{b}{a} \right)$, ed istessamente il nu-

mero dei denti $N' = 11 \left(1 + \frac{a}{b} \right)$.

Queste equazioni ci insegnano:

1.^a Che il numero minimo dei fusi per la 1.^a equazione corrisponde a $\frac{b}{a} = 0$, ossia al caso di una ruota dentata, la quale ingrani in un'asta diritta munita di fusi, oppure di denti rotondati ad arco di cerchio.

Per la seconda equazione poi N' , sarà un minimo, quando sia $\frac{a}{b} = 0$, cioè quando i denti corrispondano ad un'asta diritta. In queste due ipotesi, si ha $N = N' = 11$.

2.^a Che il numero dei denti e dei fusi sarà eguale ogniqualvolta sia $b = a$, cioè quando la ruota e il rocchetto sieno dello stesso raggio. In questa ipotesi si ha $N = N' = 22$. Il raggio di curvatura dei denti

$$R = \frac{3r + s}{1 + \frac{4}{9} \left(\frac{a - b}{a + b} \right)} \quad \text{allora è} = 3r + s.$$

Con queste equazioni restano determinate in modo semplicissimo tutte le dimensioni d'altezza, larghezza, e curvatura, e quindi il numero dei denti e dei fusi.

TAVOLA I. Delle dimensioni e curvatura dei denti nel caso che la ruota maggiore (a) sia dentata, è la minore (b) sia munita di bastoni cilindrici, o di denti voltati ad arco di circolo.

Rapporto dei raggi $\frac{a}{b}$	Raggio di curvatura R	Altezza dei denti A	Larghezza dei denti in sommità B	Quando l'altezza dei denti al di sopra del contorno primitivo sia uguale al raggio del fuso		
				Numero dei fusi N	Numero dei denti N'	Larghezza dei denti in sommità $2r \left(1 - \frac{a}{r}\right)$
∞	$2,27 r$	$5,50 \cdot \frac{2r}{N}$	$2r \left(1 - \frac{26,7}{N^2}\right)$	11,00	∞	$0,78 \cdot 2r$
$\frac{1}{60}$	$2,30 r$	$5,59 \cdot \frac{2r}{N}$	$2r \left(1 - \frac{27,2}{N^2}\right)$	11,20	671	$0,78 \cdot 2r$
$\frac{1}{30}$	$2,32 r$	$5,68 \cdot \frac{2r}{N}$	$2r \left(1 - \frac{27,8}{N^2}\right)$	11,40	341	$0,79 \cdot 2r$
$\frac{1}{15}$	$2,37 r$	$5,87 \cdot \frac{2r}{N}$	$2r \left(1 - \frac{29,1}{N^2}\right)$	11,70	176	$0,79 \cdot 2r$
$\frac{1}{12}$	$2,39 r$	$5,96 \cdot \frac{2r}{N}$	$2r \left(1 - \frac{29,7}{N^2}\right)$	11,90	143	$0,79 \cdot 2r$
$\frac{1}{10}$	$2,41 r$	$6,05 \cdot \frac{2r}{N}$	$2r \left(1 - \frac{30,4}{N^2}\right)$	12,10	121	$0,79 \cdot 2r$
$\frac{1}{9}$	$2,42 r$	$6,11 \cdot \frac{2r}{N}$	$2r \left(1 - \frac{30,9}{N^2}\right)$	12,20	110	$0,79 \cdot 2r$
$\frac{1}{8}$	$2,44 r$	$6,19 \cdot \frac{2r}{N}$	$2r \left(1 - \frac{31,4}{N^2}\right)$	12,40	99	$0,80 \cdot 2r$
$\frac{1}{7}$	$2,46 r$	$6,29 \cdot \frac{2r}{N}$	$2r \left(1 - \frac{32,2}{N^2}\right)$	12,60	88	$0,80 \cdot 2r$
$\frac{1}{6}$	$2,49 r$	$6,42 \cdot \frac{2r}{N}$	$2r \left(1 - \frac{33,1}{N^2}\right)$	12,80	77	$0,80 \cdot 2r$
$\frac{1}{5}$	$2,53 r$	$6,60 \cdot \frac{2r}{N}$	$2r \left(1 - \frac{34,4}{N^2}\right)$	13,20	66	$0,80 \cdot 2r$
$\frac{1}{4}$	$2,59 r$	$6,88 \cdot \frac{2r}{N}$	$2r \left(1 - \frac{36,7}{N^2}\right)$	13,80	55	$0,81 \cdot 2r$
$\frac{1}{3}$	$2,69 r$	$7,33 \cdot \frac{2r}{N}$	$2r \left(1 - \frac{39,9}{N^2}\right)$	14,70	44	$0,81 \cdot 2r$
$\frac{1}{2}$	$2,86 r$	$8,25 \cdot \frac{2r}{N}$	$2r \left(1 - \frac{47,6}{N^2}\right)$	16,50	33	$0,83 \cdot 2r$
$\frac{2}{3}$	$3,02 r$	$9,17 \cdot \frac{2r}{N}$	$2r \left(1 - \frac{55,7}{N^2}\right)$	18,30	27,5	$0,83 \cdot 2r$
1	$3,29 r$	$11,00 \cdot \frac{2r}{N}$	$2r \left(1 - \frac{73,6}{N^2}\right)$	22,00	22	$0,85 \cdot 2r$

TAVOLA II. Delle dimensioni e curvatura dei denti nel caso che sia dentata la ruota minore (a), e la maggiore (b) sia armata di bastoni cilindrici, o di denti voltati ad arco di circolo.

Rapporto dei raggi $\frac{a}{b}$	Raggio di curvatura R	Altezza dei denti A	Larghezza dei denti in sommità B	Quando l'altezza dei denti al di sopra del contorno primitivo sia uguale al raggio del fuso		
				Numero dei fusi N'	Numero dei denti N	Larghezza dei denti in sommità $2r \left(1 - \frac{a}{r}\right)$
0	5,91 r	$5,50 \cdot \frac{2r}{N'}$	$2r \left(1 - \frac{10,2}{(N')^2}\right)$	11,00	∞	$0,92 \cdot 2r$
$\frac{1}{60}$	5,76 r	$5,59 \cdot \frac{2r}{N'}$	$2r \left(1 - \frac{10,9}{(N')^2}\right)$	11,20	671	$0,91 \cdot 2r$
$\frac{1}{30}$	5,62 r	$5,68 \cdot \frac{2r}{N'}$	$2r \left(1 - \frac{11,5}{(N')^2}\right)$	11,40	341	$0,91 \cdot 2r$
$\frac{1}{15}$	5,38 r	$5,87 \cdot \frac{2r}{N'}$	$2r \left(1 - \frac{12,8}{(N')^2}\right)$	11,70	176	$0,91 \cdot 2r$
$\frac{1}{12}$	5,27 r	$5,96 \cdot \frac{2r}{N'}$	$2r \left(1 - \frac{13,5}{(N')^2}\right)$	11,90	143	$0,91 \cdot 2r$
$\frac{1}{10}$	5,16 r	$6,05 \cdot \frac{2r}{N'}$	$2r \left(1 - \frac{14,2}{(N')^2}\right)$	12,10	121	$0,90 \cdot 2r$
$\frac{1}{9}$	5,10 r	$6,11 \cdot \frac{2r}{N'}$	$2r \left(1 - \frac{14,6}{(N')^2}\right)$	12,20	110	$0,90 \cdot 2r$
$\frac{1}{8}$	5,02 r	$6,19 \cdot \frac{2r}{N'}$	$2r \left(1 - \frac{15,3}{(N')^2}\right)$	12,40	99	$0,90 \cdot 2r$
$\frac{1}{7}$	4,93 r	$6,29 \cdot \frac{2r}{N'}$	$2r \left(1 - \frac{16,1}{(N')^2}\right)$	12,60	88	$0,90 \cdot 2r$
$\frac{1}{6}$	4,81 r	$6,42 \cdot \frac{2r}{N'}$	$2r \left(1 - \frac{17,1}{(N')^2}\right)$	12,80	77	$0,90 \cdot 2r$
$\frac{1}{5}$	4,67 r	$6,60 \cdot \frac{2r}{N'}$	$2r \left(1 - \frac{18,7}{(N')^2}\right)$	13,20	66	$0,89 \cdot 2r$
$\frac{1}{4}$	4,48 r	$6,68 \cdot \frac{2r}{N'}$	$2r \left(1 - \frac{21,1}{(N')^2}\right)$	13,80	55	$0,89 \cdot 2r$
$\frac{1}{3}$	4,22 r	$7,33 \cdot \frac{2r}{N'}$	$2r \left(1 - \frac{25,5}{(N')^2}\right)$	14,70	44	$0,88 \cdot 2r$
$\frac{1}{2}$	3,86 r	$8,25 \cdot \frac{2r}{N'}$	$2r \left(1 - \frac{35,3}{(N')^2}\right)$	16,50	33	$0,87 \cdot 2r$
$\frac{2}{3}$	3,61 r	$9,17 \cdot \frac{2r}{N'}$	$2r \left(1 - \frac{46,6}{(N')^2}\right)$	18,30	27,5	$0,86 \cdot 2r$
1	3,29 r	$11,00 \cdot \frac{2r}{N'}$	$2r \left(1 - \frac{73,6}{(N')^2}\right)$	22,00	22	$0,85 \cdot 2r$

Le tre ultime colonne di queste due tavole sono calcolate per il caso speciale che l'altezza dei denti al di sopra del contorno primitivo sia uguale al raggio del fuso. Se però abbisognassero delle variazioni, per la qualità del macchinismo, come sarebbe l'applicazione di un maggior numero di denti, abbiamo provveduto anche a questo colle prime quattro colonne, dove si trova l'occorrente per determinare con precisione l'altezza, la larghezza e il raggio di curvatura con cui delineare i denti.

§ 168.

Confronteremo ora i numeri compresi in queste tavole con alcune costruzioni che si trovano nelle opere relative alla fabbrica delle ruote. Al § 171 dietro le prescrizioni cavate dai Fogli Berlinesi circa alle dimensioni dei denti e dei fusi si trova che l'altezza dei denti al di sopra del contorno primitivo deve prendersi pressochè uguale al raggio del fuso; possiamo quindi confrontare immediatamente quelle cifre con quelle delle nostre tavole. Qui il raggio di curvatura dei denti è preso $= \frac{5}{7}$ d'intervallo, e quindi $R = 2,86 r$. Questo numero si rinviene nella penultima tavola sotto al rapporto tra il raggio del rocchetto, e quello della ruota, espresso da $\frac{1}{2}$ a cui corrispondono 33 denti, e da 16 a 17 fusi. Se invece completeremo il circolo della fig. 305, troveremo che alla ruota corrisponderanno 22 denti, ed al rocchetto 15 fusi. Ora, essendo il numero dei denti proporzionale al raggio delle ruote, ne risulta il rapporto $\frac{b}{a} = \frac{15}{22}$ e se noi calcoleremo con questo rapporto il raggio di curvatura, senza avere riguardo allo spazio comune s , avremo

$$R = \frac{3r}{1 + \frac{4}{9} \left(\frac{22 - 15}{22 + 15} \right)} = 2,77 r, \text{ ossia circa } \frac{4,85}{7} \text{ d'inter-}$$

vallo, il quale valore si approssima assaissimo a quello superiormente supposto di $\frac{5}{7}$. È poi manifesto che la coincidenza precisa della regola non potrebbe verificarsi che nel caso summentovato.

Nella fig. 278 il rocchetto ha sei fusi e la ruota 36 denti, e il raggio di curvatura si desume dall'equazione

$$R = \frac{3r}{1 + \frac{4}{9} \left(\frac{a - b}{a + b} \right)} = \frac{3r}{1 + \frac{4}{9} \cdot \frac{5}{7}} = 2,28 r.$$

Il *Neumann* invece prende questo raggio uguale a $3r$, il qual valore differisce quasi di $\frac{3}{4}$ di r da quello ricavato dal presente calcolo, il quale è dato dal Gerstner, vol. III, § 41 del più volte citato suo pregevole Manuale di meccanica. Egualmente confrontando col calcolo del Gerstner le regole del *Neumann* relative all'altezza ed alla larghezza della testa dei denti, si riscontrano delle notevoli aberrazioni, le quali dimostrerebbero l'insufficienza di queste regole pratiche, delle quali ciò nullameno i costruttori di mulini sogliono prevalersi quasi esclusivamente.

§ 169.

Volendo fare un'applicazione della teoria spiegata al § 158 relativamente al modo di determinare la forma dei denti di un rocchetto che ingrani con un'asta dentata, il loro raggio di curvatura, l'altezza e la larghezza in sommità ed il numero minimo dei fusi, nel caso avvertito di due denti contigui obbligati a percorrere un certo spazio in comunione, supporremo

$R = 2 \frac{1}{3} r$, e quindi $s = \frac{1}{3} r$, per cui la larghezza dei denti in sommità sarà

$$= 2r \left\{ 1 - \frac{21}{N^2} \left(1 + \frac{5}{18} \right) \right\} = 2r \left(1 - \frac{27}{N^2} \right);$$

ed il numero minimo dei fusi $N = 6$, cosicchè in tal caso l'altezza competente ai denti risulta $in = 1,9 \cdot r$ epperò assai prossimamente $= 2r$, ossia alla larghezza dei denti. La semilarghezza dei denti alla sommità è

uguale ad $r \left(1 - \frac{27}{N^2} \right)$, e per $N = 6$ avremo la richiesta dimensione

$$= \frac{1}{4} r \text{ e quindi l'intera larghezza } = \frac{1}{4} \cdot 2r. \text{ Queste misure possono}$$

ritenersi anche nel caso che il numero dei fusi sia maggiore di 6 non essendovi allora di superfluo che una parte dell'altezza, e la larghezza dei denti là dove abbandonano il fuso, si regola da sè, conformemente al profilo del dente, e come che fosse determinata coi calcoli più rigorosi.

Per maggiormente illustrare questo soggetto, nelle fig. 313 e 314 si è fatto il numero dei fusi ordinatamente di 6, e 12; e coll'Eytelwein si è supposto l'agio uguale ad un ottavo della larghezza del dente. Se adunque un'asta dentata dovrà essere mossa da un rocchetto, e si domandi la forma dei denti dell'asta, si avrà solo da osservare, che il rocchetto non deve avere meno di cinque fusi, e se due denti contigui abbiano ad agire per un dato

tempo simultaneamente, il rocchetto si farà di sei fusi, e per delineare i denti potremo assumere il raggio $= 2 \frac{1}{3} r$. Con questo raggio possono descriversi tutti i denti, qualunque sia il numero dei fusi. Abbiamo quindi il vantaggio di possedere una regola generale per delineare i denti.

Ritenuta la verità che i fusi vengono a contatto più spesso, e quindi si consumano prima dei denti, prenderassi la grossezza, ossia il diametro del fuso $ab = 2r$; e questa misura si trasporterà nella linea AB tante volte quanti sono i denti che si vorranno dare all'asta. Ora siccome i fusi devono imboccare nella 1.^a, 3.^a, 5.^a, 7.^a . . . divisione, e gli spazj interposti a queste sono occupati da denti, perciò lo spazio di un fuso $ab = 2r$, si divide in sei parti uguali; e la sesta parte ad sarà uguale ad $\frac{1}{3} r$.

Prendasi col compasso un intervallo de eguale ad una delle seste parti ad , più lo spazio ae e si fissi una delle punte del compasso all'origine in e . Coll'altra punta si traccerà sulla periferia primitiva il centro per descrivere l'arco es ossia quel fianco del dente che spinge i fusi. — Se af rappresenta l'agio necessario, che noi abbiamo fatto uguale ad $\frac{1}{8}$ della larghezza del dente, ritenuta la stessa apertura di compasso, e fatto centro in f si marcherà sul contorno primitivo il centro dell'arco fo che forma l'opposto fianco del dente. In questa maniera saranno descritti anche gli altri denti $e'o'f'$.

Un tale delineamento ci assicura il vantaggio di poter effettuare anche un movimento retrogrado, perchè la figura dei denti è ugualmente esatta d'ambe le parti. Quivi non è necessario che sia determinata in modo speciale l'altezza dei denti, essendo chiaro, che la medesima dovrà diminuire, o crescere in ragione inversa del numero dei fusi: affinchè però la massima altezza dei denti non impedisca il movimento bisognerà che il numero dei fusi non sia piccolo a segno che il dente i si sprigioni prima che il susseguente b abbia imboccato.

§ 170.

Un trattato completissimo sulla figura più opportuna dei denti e dei fusi si trova nel primo volume della *Statica dei solidi* dell'Eytelwein (1), dove

(1) *Handbuch der Statik*, ecc. *Manuale della Statica dei solidi, considerata specialmente ne' suoi rapporti coll'architettura*, 2.^a ediz.; Berlino, 1832, coi torchj del Reimer, vol. I, cap. 10, pag. 337 e seg.

quell'esimio professore ha quasi esaurito questa materia con quella chiarezza e profondità che lo distinguono.

Dopo le cose che abbiamo riferite, noi non ci diffonderemo ulteriormente in un argomento di sua natura così vasto, e ci limiteremo a presculare all'operatore un succoso transunto dei metodi pratici più comunemente usati.

Questi metodi di costruzione che accenneremo nel seguente paragrafo, non danno sempre la forma più precisa nel rigore del termine, ma sibbene una forma che si approssima all'esatta, ed è facile ad essere eseguita dal falegname e dal mugnajo, cogli strumenti ordinarj. È già molta l'accuratezza e la precisione, che si richiedono a segnare le curve per punti trovati, e condurne delle parallele; e l'operajo non di rado abbandona un metodo più diligente di costruzione, soltanto perchè le prime volte non gli è riuscito felicemente. — Per queste ragioni ho creduto ben fatto di scegliere, ed esporre anche questi facili metodi di approssimazione per il delineamento dei denti, i quali basteranno nella pluralità dei casi, se si considera, oltre alle cose dette, che le nostre ruote di legno, anche lavorate colla massima diligenza, sono sempre soggette a sconciarsi e stravolgersi per cui è difficile ottenere che il contatto succeda sempre su d'una linea determinata.

Quegli Ingegneri che volessero costruire i denti nelle forme più rigorose determinate dalla geometria e dalla meccanica, potranno servirsi delle istruzioni tracciate negli antecedenti paragrafi, e volendo potranno consultare l'opera mentovata dell'Eytelwein ed altre di simil genere (1).

(1) Crediamo utile per gli studiosi di citare gli scritti più interessanti in cui sono registrate le ricerche sulla forma dei denti, disponendoli per ordine cronologico.

De la Hire, Traité des Epicycloïdes et de leurs usages dans les mécaniques. Mém. de l'acad. de Paris. Depuis 1666 jusqu'à 1699, tom. IX, p. 223-294.

Camus, Sur la figure des Dents des Roues, et des Ailes des Pignons, pour rendre les Horloges plus parfaites. Mém. de l'acad. de Paris, année 1733, p. 165-197. Ed. Amst.

De-Parcieux, Mémoire sur la manière de tracer mécaniquement la courbure qu'on doit donner aux ondes, dans les machines pour mouvoir des leviers ou balanciers, au lieu des ovales qu'on a substitués aux manivelles en plusieurs endroits. Mém. de l'acad. de Paris, année 1747, p. 359-382. Ed. Amst.

Camus, Cours de Mathématique. Troisième Partie. Elémens de Mécanique statique, tome II; Paris, 1752, p. 305-428.

L. Euler, De optissima figura rotarum dentibus tribuenda. Novi Comment. Acad. Petrop., tom. V, ad annum 1754 et 1755, p. 299-316.

L. Euler, Supplementum. De figura dentium rotarum. Novi Comment. Acad. Petrop., tom. XI pro anno 1765, p. 207-231.

A. G. Kaestner, De rotarum dentibus. Comment. Soc. Scient. Gotting., tom. IV, ad A. 1781, p. 1-25.

A. G. Kaestner, De dentibus rotarum qui inguntur paxillis rotundis. Comment. Soc. Scient. Gotting., tom. V, ad A. 1782, p. 1-27.

Per tracciare il profilo dei denti di una ruota a stella, presa una tavola di legno piuttosto compatto, e ben lisciata, si tiri su di essa una retta come indicano le fig. 278 e 279 e su questa si tagli la parte AB di lunghezza uguale al raggio primitivo, ossia al raggio della periferia di contatto della ruota, § 133, e la parte AC uguale al raggio del rocchetto; poi si descriva dal punto B l'arco PQ , e dal punto C l'arco MN . Partendo ora dal punto A come centro di un fuso, si determini il punto di divisione a , ossia il centro del fuso immediatamente contiguo, facendo l'arco Aa uguale alla lunghezza dell'intervallo: nei punti A ed a , si contrassegni la grossezza dei fusi, e si tiri la corda Aa . Il punto d'intersecazione b indicherà il sito, dove il dente che corrisponde al fuso a abbandonerà il fuso stesso, mentrecchè il dente successivo imboccherà l'altro fuso A . Conducasi quindi pel punto b anche l'arco hk e questo determinerà la lunghezza della testa del dente.

Successivamente, si porti sulla linea PQ , l'intervallo qd andando da q verso d , e la grossezza della testa del dente ribattendo da d verso e , e pei punti d ed e si dirigano le linee fh e gk sul prolungamento del raggio, e quindi normali alla fronte RS della ruota stellata, che potrà tracciarsi col comun centro in B . Prendasi poscia la distanza bA e fatto centro nei punti b e d si trovi il punto d'intersecazione x , col quale si descriverà l'arco bd che darà la curvatura, o profilo del dente che si cerca. Si porti ora la distanza hb da k verso c , e coll'intervallo bA fatto centro in c ed in e , si trovi il punto d'intersecazione y , e con questo si delinei l'arco ce : in tal modo sarà compito perfettamente il profilo della parte superiore della testa del dente. La residua parte si determina conducendo le linee df ed eg sul prolungamento del raggio.

Colla stessa facilità, si può delineare il dente successivo $pqtuvst$, come ogni altro dente G , e per operare più speditamente, si può farne un modello, o con un'assicella dura e ben levigata, o con un foglio di lamina metallica. A questo proposito si porterà la larghezza hb da o in t , e da r in u ; indi fatto centro ordinatamente nei punti t e q e nei punti u , e v coll'intervallo bA , si determineranno i punti d'intersecazione x ed y .

Hachette, *Traité élémentaire des machines. Des Engrenages*, cap. II, pag. 255-317; Paris, 1819.

Navier, Sulla teoria della configurazione dei denti. — Nota $b f$ all'Architettura idraulica di Belidor, vol. I, pag. 191. Ediz. di Parigi del 1819.

Lefevre, *Mémoire sur les engrenages et sur la forme à donner aux dents*. — Inscrit nel num.º 2 del *Mémorial de l'Artillerie* per l'anno 1828.

Gerstner, *Handbuch der mechanik*. Vien 1834, vol. III, § 25 e seg.

quali serviranno per tracciare gli archi tq ed uv . Col modello G si possono delineare agevolmente tutti i denti necessarj.

La retta BC chiamasi *linea dei centri*. Essendo profilati i denti col metodo dimostrato, un dente imboccherà il suo fuso, al momento che l'asse del fuso immediatamente successivo cadrà nella linea dei centri, e nel medesimo istante il dente che gli sta innanzi abbandonerà il fuso relativo: e poichè il fuso A , quando il suo asse è per coincidere colla linea dei centri, comincia tosto ad arretrarsi perciò i denti e i fusi non cagionano alcuna impressione contro le fibre del legno, mentre le dentature usuali, conformate come nelle fig. 275 e 276, logorandosi acquistano una figura incavata in tondo.

Dovendo, come si è detto, uguagliarsi l'arco, e non la corda Aa all'intervallo, questo si opererà tracciando tutta, o mezza soltanto la periferia primitiva del rocchetto, secondo che il numero dei fusi sarà impari, o pari, e su quella si scompatteranno tutti, o la metà dei fusi.

La corda Aa può determinarsi anche col calcolo, e rappresentando con ϕ l'angolo corrispondente all'arco t , ossia all'intervallo dato, e con b il numero dei fusi del rocchetto, si ha

$$Aa = 2r \operatorname{sen} \frac{1}{2} \phi = \frac{bt}{\pi} \operatorname{sen} \frac{180^\circ}{b} = 0,3183 \, bt \operatorname{sen} \frac{180^\circ}{b}.$$

Nelle lanterne grandi, come quelle a 24 fusi, in pratica si può senza danno prendere la corda Aa uguale all'intervallo, perchè in tal caso la corda differisce pochissimo dall'arco. Per dimostrarlo, si osservi che se la corda condotta fra i centri di due fusi contigui di una lanterna a 25 fusi

$$\text{è} = 2 \operatorname{sen.} 7^\circ 12' = 0,2506664$$

$$\text{l'arco corrispondente è} = \dots = 0,2513274$$

$$\text{e quindi la differenza} \dots = 0,0006610$$

ben inteso che si abbia assunto per raggio l'unità. — Se l'intervallo sarà di un decimetro, il raggio sarà uguale assai prossimamente a met. 0,40, e la differenza tra la corda e l'arco si trova $= 0,000661 \cdot 0,4 = 0,0002644$. — La differenza quindi è così tenue, che noi cogli stromenti usuali non potremmo attenderci una precisione maggiore. Questa differenza, come è facile provarlo col calcolo, diminuisce quanto più aumenta il numero dei denti, o dei fusi.

Per questa ragione in pratica potremo senza inconvenienti ritenere uguale l'arco d'intervallo alla corda corrispondente, anche nelle ruote a stella. Nei mulini è raro che si impieghino ruote di questa specie con meno di 24 denti, e quando ne occorresse il caso, si uguaglierà l'arco qd all'intervallo, come nei rocchetti.

Oltre alla regola suindicata, e desunta dall'Eytelwein, per tracciare la curvatura dei denti di una ruota a stella, ne riferiremo un'altra assai semplice, che si trova ne' Fogli Berlinesi pel meccanico pratico: ivi è prescritto che abbia a dividersi un intervallo in sette parti uguali, fig. 305, indi se ne assegnano 3 alla grossezza del dente; 2 alla sua altezza al disopra della circonferenza primitiva, e $2\frac{1}{2}$ alla parte inferiore, cosicchè rimangono libere ancora quattro parti, le quali corrispondono alla grossezza del fuso. La parte di sotto del dente insiste perpendicolarmente sulla periferia della ruota, e la parte superiore è rotondata ad arco di cerchio, il quale, come dimostrano le punteggiate, ha il suo centro c sulla periferia primitiva, ed il raggio lungo 5 parti, ossia $5\frac{1}{2}$ d'intervallo. La larghezza del dente in direzione all'asse, si regola a norma della resistenza che la ruota deve vincere, e può essere da 4 a 12 parti.

Il profilo dei denti delle ruote a corona ingrananti con rocchetti o lanterne, si trova con metodo consimile. Si conduca la linea BC , fig. 280, 281 e 282, e colla lunghezza AC uguale al raggio del rocchetto o della lanterna si descriva la periferia primitiva MN . Poscia dal punto A come centro di un fuso si determini il centro del fuso antecedente, prendendo l'arco Aa uguale all'intervallo; si marchino i due fusi A ed a e si tiri la corda Aa : il punto b di essa indicherà la posizione dove il dente contiguo viene a contatto col fuso A .

Successivamente si guidi pel punto A la perpendicolare alla AC e con questa si ritenga rappresentato il contorno primitivo della ruota a corona, nel modo che abbiamo già avvertito; RS sia il petto della medesima ruota; e la hk condotta pel punto b determini la lunghezza dei denti. Tanto la RS che la hk saranno parallele alla PQ . Dal punto h si segni verso d l'ampiezza dell'intervallo; si porti la grossezza del dente da d in e , e pei punti d ed e si facciano passare le hf e kg perpendicolari alla RS . Da ultimo fatto centro in b e d con raggio Aa , si determini il punto d'intersecazione x , e da questo si descriva l'arco bd il quale darà la richiesta curvatura del dente. Si segni la larghezza hb da k in c e coll'intervallo Aa si stabilisca il punto d'intersecazione y e si descriva l'arco ce ; con ciò rimarrà perfezionata completamente la parte superiore, ossia la testa del dente, $fd b c e g$.

Colla stessa facilità potrà delinearai il dente $p q t u v s$, non che il dente modello G .

Abbiamo già avvertito che nelle ruote a 24 e più denti, si può trasportare l'intervallo sull'arco, senza conseguenze nella pratica. Questo è ciò

che si verifica appunto nella periferia PQ . Ruote a corona più piccole di quelle testè indicate, è ancor meno facile che se ne incontrino, in confronto delle ruote a stella. Che se accadesse di trovarne, si potrà delineare una porzione della circonferenza primitiva $P'Q'$, fig. 280, indi determinare il punto q' col mezzo della linea op che si condurrà parallelamente alla BC ; portare la lunghezza di un intervallo da p in d' come si è indicato pei rocchetti; in fine stabilire il punto d' con una seconda parallela $d'h$, e nel resto procedere come sopra.

Stante l'imperfezione delle nostre ruote, è sempre meglio tenere le teste dei denti lunghe a segno, che imbocchino almeno per tutta la grossezza del fuso. Pertanto, quando il punto b , come nelle fig. 279 e 282, non si interna bastantemente nel rocchetto, si possono allungare gli archi qt e vu come dimostrano le punteggiate, smussando un po' meno gli angoli. Questo è dimostrato singolarmente dai denti G e K delle citate figure.

All'opposto se i denti si internano troppo, come nei piccoli rocchetti, allora si scortano, nel modo che si vede indicato colle fig. 278 e 281. Questo ripiego necessita d'ordinario pei rocchetti ingrananti col lanternino del palo delle macine, o negli assi dentati assai piccoli, dove non si voglia indebolire soverchiamente l'albero. In tal caso però, bisogna attaccare un volante all'albero del rocchetto, o dell'asse dentato, al qual volante nei mulini supplisce la mola corritoja.

Fu già indicato diverse volte, che la testa dei denti si fa lunga ordinariamente $\frac{2}{3}$, o $\frac{3}{4}$ d'intervallo. Con quest'ultima misura, imboccando i denti come nelle fig. 279 e 282, resta ancora tra il fuso un distacco di $\frac{1}{4}$ d'intervallo, che è ben sufficiente nelle ruote costrutte a dovere. Quando i denti debbano imboccare più addentro, conforme rappresentano le fig. 278 e 280, la lunghezza determinata dai $\frac{3}{4}$ d'intervallo, a un bisogno, potrà sempre aumentarsi un pocolino. Negli accennati casi, si tondano alquanto gli spigoli, e questo rotondamento deve effettuarsi al disopra del punto b come è dimostrato nella fig. 280. Negli altri, fig. 279 e fig. 282, che formano la massima parte, si opera egualmente, allorquando i denti vengano allungati oltre il punto b , nel modo sopradetto, e non è necessario farli più lunghi della misura indicata.

Si è ricordato al § 151 che nelle ruote a corona di mezzana grandezza e a larga dentatura, i rocchetti, o dovrebbero essere conici, perchè tutti anche i fianchi dei denti concorrono al centro della ruota, oppure, giusta il § 152, dovrebbero curvarsi i fianchi dei denti.

AmMESSO il primo caso, cioè quello dei rocchetti conici, si possono fare due regolatori, o registri, cioè l'uno per la parte superiore del dente,

l'altro per l'inferiore. Determinata poscia la circonferenza primitiva della ruota, si troverà l'intervallo e la circonferenza primitiva del rocchetto tanto alla testa che alla radice del dente, o graficamente, o col mezzo del calcolo, seguendo in tutto il metodo insegnato al § 151, colla sola diversità, che invece dell'altezza netta del rocchetto, bisogna prendere la larghezza dei denti.

Sieno pertanto:

R il raggio della circonferenza primitiva, ed

a il numero dei denti della ruota a corona;

r il raggio, e

b il numero dei fusi del rocchetto;

t l'intervallo, ed

h la larghezza dei denti.

Avremo il raggio maggiore del rocchetto, ossia

$$r' = r + \frac{bh}{2a},$$

ed il raggio minore

$$r'' = r - \frac{bh}{2a};$$

così pure l'intervallo maggiore sarà

$$t' = t + \frac{th}{2R},$$

ed il minore

$$t'' = t - \frac{th}{2R}.$$

La curvatura dei denti poi, e la preparazione dei relativi modelli possono essere determinati coi metodi insegnati precedentemente.

Quando i denti debbano arrotondarsi sulla larghezza, si può cominciare a ridarli alle forme precise che abbiamo dimostrate, indi si lavorano in curva con apposito modello. Le due curvature, cioè quella sulla lunghezza, come quella sulla larghezza della testa del dente, devono accordarsi perfettamente. I denti che imboccano in piccoli rocchetti, dovendo essere molto appuntati, si incurvano poco o niente sui fianchi; quelli invece che imboccano con lanterne di qualche grandezza, non si fanno molto appuntati, ma occorre che sieno assai ricurvi sui fianchi.

Per segnare il profilo dei denti a doppia curvatura si potrà seguire un metodo semplicissimo che si trova indicato ne' precitati fogli di Berlino destinati al meccanico pratico. Esso è il seguente: si divida un intervallo

in 7 parti; di queste se ne assegnino 3 al dente; due alla sua altezza sopra la periferia primitiva, e due alla parte di sotto, cosicchè rimarranno quattro parti d'intervallo per il diametro del fuso.

La parte inferiore del dente insiste normalmente sulla superficie della ruota a corona, fig. 307, ma la parte superiore deve essere arrotondata ad

arco circolare, con raggio che contenga $8 \frac{1}{2}$ di simili parti, ossia $\frac{8 \frac{1}{2}}{7}$

d'intervallo. La larghezza dei denti in direzione dell'asse ossia $a b$ si regola a norma della resistenza che la ruota deve superare, e può essere dalle 4 alle 12 parti.

La seconda curvatura dei denti è quella che si rileva dalla fig. 306 che rappresenta il prospetto della ruota, e viene determinata dagli archi di circolo $a b$ e $d e$, i di cui centri c sono collocati ai punti d'intersezione delle linee $c c$ ed $m n$.

Con questa forma, i fusi, la cui situazione è indicata colle punteggiate $o o$, $p p$, $q q$, $r r$ si muovono senza sforzo e senza compressione.

Parlando della costruzione delle ruote si è detto che la grossezza dei fusi ordinariamente si fa di un mezzo intervallo, e quella dei denti di $\frac{3}{7}$, per cui l'agio tra il dente ed il fuso risulta di $\frac{1}{14}$. Lavorando però i denti

colle forme sunesprese, non è necessario un agio tale, e sarà bastante ridurlo ad $\frac{1}{48}$ d'intervallo.

I denti pertanto, o i fusi, si potranno fare un po' più robusti. L'agio però non porta danno all'azione regolare del meccanismo, giacchè osserveremo ordinariamente che procede colla stessa forza e precisione anche quando i denti e i fusi sono consumati della metà, nel qual caso il distacco, o agio diventa di un mezzo intervallo.

Rispetto ai fusi non resta altro da osservare, dopo quello che si è detto parlando della costruzione dei rocchetti. Osserveremo solo che comunemente si fanno cilindrici, e qualche volta vi si lascia uno spigolo, come nella fig. 277, il quale però non reca nè utilità, nè danno essenziale.

Della forma che suol darsi ai denti di ferro, o di ghisa, e di quella che si giudica la più conveniente, si tratterà allorchè parleremo delle ruote metalliche.

I denti e i fusi delle ruote savenno di legno duro e sano. Pei denti si adopera a preferenza il carpine bianco, ma perchè questo generalmente scarseggia, si supplisce il più delle volte col faggio salvatico. I fusi, che segnatamente nei rocchetti debbono reggere a maggior sforzo dei denti, si fanno di spin bianco, di acero, di sorbo, d'orno, di bosso, di pero, e di pomo salvatici, e di altrettali qualità di legno fibroso, compatto e resistente.

Il legno da farne denti e fusi, o qualsivoglia altro piccolo arnese, conviene tagliarlo all'inverno, od in primavera, e devesi spogliarlo della corteccia prima che l'albero cominci a montare in succhio. Opportunissimo poi è l'uso di lavorare i pezzi alla rustica, cioè di abbozzarli intanto che il legno è verde, perchè allora si lavorano più bene, e stagionano anche meglio. Quei legni che si adoperano senza bisogno di spaccarli, come lo spin bianco per i fusi, si preparano a pezzi, per accelerarne la stagionatura, e la corteccia li preserva dalle screpolature. I legni duri, anche in piccoli pezzi, come quelli per i denti e fusi esigono una stagionatura piuttosto lunga. Facendoli disseccare con troppa fretta ai venti gagliardi, nelle stufe, o in altro modo violento, si spaccano facilmente. In generale il legno indurisce sempre più, quanto più lentamente si lasciano evaporare e dissipare gli umori che contiene.

Comunemente i fusti destinati a minuti arnesi si tagliano in piccoli rocchi, della lunghezza dei denti, o dei fusi, o di altro che voglia farsi, indi si spaccano. A prima vista sembrerà che in tal modo si debba ricavare da un fusto un numero di denti minore di quello che si potrebbe avere segandolo invece in panconi della grossezza, o larghezza dei denti, e questi risegandoli ancora a norma della larghezza, o grossezza degli stessi denti. Quest'ultimo metodo fu proposto non solo, ma anche introdotto in varj luoghi a risparmio di legname. — In realtà però lo spaccarli è meglio, perchè colla segatura, talvolta succede che si taglino le fibre del legno, e allora i denti si spezzano facilmente. — Nei mulini poi oltre ai denti e ai fusi, vi sono moltissime altre parti, come sono le nottole, i nottolini o battagliuoli, le listelle, o regoletti, i cuscini, o bronzine, le biette, gli albari delle ruote, e simili. Se il legno è tagliato in panconi, non è suscettibile per tutto l'accennato assortimento di lavori, mancando delle qualità che sono speciali ai fusti d'albero tuttora vergini.

L'artigiano esperto, nello spaccare il legname, vede subito quale è la destinazione più conveniente che si può dare alle diverse parti di un fusto, e quindi lo divide in rocchi della necessaria lunghezza, che poi spacca

a norma del piano preconcepito, ed in relazione alla qualità e bontà del legno. — I pezzi bisognevoli ad un mulino, ed in parte da noi pocanzi annoverati, sono tanto differenti, che qualunque minutaglia di legno può trovarvi impiego.

Nel fare acquisto di legnami, bisogna aver occhio a scegliere i migliori, ed assortirli conforme alla natura dei lavori che si devono fare.

Per avere un'idea verosimile dei denti che si possono cavare da un pedale diviso in rocchj di uguali dimensioni, secondo che si usi il metodo di segarli, o di spaccarli, prendasi a considerare la fig. 283, la quale rappresenta un rocchio da spaccarsi grosso 40 centimetri, e la fig. 285 dove è disegnato un rocchio della stessa grossezza da segarsi. Si suppone che le teste dei denti abbiano ad essere grosse cinque centimetri e larghe 8.

Dal rocchio fig. 283, come vedremo nel susseguente paragrafo parlando della spaccatura, si possono ricavare 10 buoni denti, riservando il cuore del legno, che può servire ad altri piccoli arnesi. In caso di bisogno poi, se il legno è sano si può staccarne un secondo anello, come è indicato dalle punteggiate, il quale darà altri cinque denti, e in tal modo se ne avranno 15, senza avvicinarsi di troppo al midollo.

Il rocchio fig. 285 invece ne darà 16; ma quelli di mezzo, segnati colli numeri 6, 7, 10 ed 11 ordinariamente sono inservibili, e quindi si riducono a dodici, mentre dalla fig. 283 se ne avevano 15. Molte volte il midollo dell'albero, specialmente se questo non è tagliato a perfetta maturanza, intacca anche i denti 2, 3, 4, 13, 14 e 15, nel qual caso ne rimangono appena sei di buoni, mentre col metodo della fig. 283 se ne avrebbero sempre 10 al meno. Riflettendo per ultimo che i rocchj sono eziandio affusati a modo di cono per cui segandoli in panconi, si sfrasa molto legno, e che invece spaccandoli se ne può ritrarre un numero sempre maggiore di denti, in relazione diretta alla grandezza del diametro del rocchio, potremo concludere con sicurezza che oltre ai vantaggi prenumerati, colla spaccatura si acquista il doppio dei denti che si ricaverebbero a segarli.

§ 173.

I denti, i fusi e le altre piccole membraure dei mulini, comunemente si lavorano prima in rustico, cioè si digrossano e si abbozzano; indi, secondo il loro grado d'importanza si lasciano a stagionare due, o più anni. Quando sono bene prosciugati si profilano i denti e i fusi, riducendone la testa e la radice a forma regolare ed apparecchiandoli in modo da potersene servire a guarnimento delle ruote, senza ulteriore lavoro.

Per digrossare i denti si può seguire a un dipresso questo metodo: preso un rocchio tagliato a giusta lunghezza, fig. 283, si rizzi in piedi, e si tracci sovra una delle sue sezioni piane la misura dei denti, disponendoli in modo, che abbiano a riescire spaccati sul giro stesso degli anelli, ossia delle cacciate annuali del legno. Questa operazione esige per essere bene eseguita un maneggio particolare, che si acquista colla pratica, ma che non potrebbe descriversi con parole. Se i rocchj sono molto grossi, si fendono anche a più ordini, fig. 284, sempre però sulla direzione degli anelli legnosi. Il legno sano che potesse avanzare, non suscettibile di essere impiegato alla formazione dei denti, si spaccherà in cunei, od altre minutaglie.

I pezzi preparati a questo modo hanno la forma della figura 286, e per foggiarne i denti si comincia a digrossarne la testa con un'accetta manesca riducendoli come si vede rappresentato dalla fig. 287. Dopo si fa una intaccatura sui due fianchi, come nella fig. 288, e si leva la parte di legno crescente, e il dente, fig. 289, è bello e abbozzato. I due pezzi che si staccano dai fianchi, sono buoni per cunei. Uno di essi è disegnato nella fig. 290.

I fusi si lavorano ugualmente: prima si spaccano in prismi quadrangolari, poi si riducono ottangoli. La parte che rimane in contatto alla corteccia atta ad essere lisciata più delle altre, si mette preferibilmente a contatto col dente. I fusi però si cavano quasi sempre da piccoli tronchi di faggio che si spaccano in quattro.

Quando i denti e i fusi così abbozzati sieno stagionati a dovere, si profileranno. Per eseguir bene questa operazione, si adopera un calibratojo. Uno di questi, adattato per lavorare i denti di una ruota a corona semplice, è rappresentato colla fig. 291, dove *A* è la misura e la forma della testa; *B* serve a modellare la parte quadra della coda, e *C* la parte tonda. La fig. 292 è un consimile calibratojo per una ruota a corona a doppia dentatura; *A*, *B* e *C*, sono per le omologhe parti ansidette della dentatura esterna; *A'*, *B'*, *C'* per le parti della dentatura interna. Finalmente la fig. 293 è un calibratojo per la formazione dei denti delle ruote a stella; in *A* si determinano le dimensioni e la forma della testa; *B* è la grossezza della radice, e *C* la sua larghezza. Si concepisce facilmente come si possono preparare uguali calibratoj anche per la lavorazione dei fusi.

Allorchè si mette mano all'apparecchio dei denti, si suole profilarne ad un tempo il bisognevole per tutta una dentatura. Il profilamento si eseguisce a questo modo: si lasciano e si appianano le teste dei denti per ridurli tutti alle stesse determinate dimensioni, lavorandoli di taglio, o colla

pialla. Se si adopera la pialla, bisogna servirsi di un regolatore come quello indicato dalla fig. 294, alto precisamente a misura della grossezza dei denti, il quale si assicura al banco con caviere. I denti da piallare si inseriscono in questo regolatore, il quale serve non solo a tenerli fermi, ma ne determina altresì la grossezza. La fig. 295 rappresenta un dente ridotto col taglio, o colla pialla. Quando se ne abbia preparato a questo modo il numero sufficiente si scantonano ad angolo retto gli spigoli esterni delle teste, o sotto quell'angolo che si reputa conveniente alle circostanze come alla fig. 268; in questo caso si può far uso di uno speciale regolatore che si preparerà sotto l'angolo corrispondente allo sbieco che vuol darsi al dente, fig. 296; e con esso si lavorerà tutto il bisognevole. In seguito si stacca dalle teste quel resto di legno che sovrabbonda, e si riducono alla forma precisa del calibratojo, fig. 299, e come si vede delineato separatamente nella fig. 297 A; indi, con un graffietto, o segnatojo, fig. 297 B, si traccia la grossezza della parte quadra, che poi si intaglia giusta la fig. 298 fino all'incontro delle linee come sopra tracciate, e coll'accetta si staccano le parti di legno crescenti, per cui il dente prende la forma delineata nella fig. 299 A. Da ultimo si lavora anche la parte quadra della radice, riducendola tonda, o meglio ottangola, alle dimensioni dei fori B e C della fig. 291. Nella fig. 299 B si vede un dente perfezionato.

I denti lavorati a questo modo, ripassano più volte nelle mani dell'operaio, e in quanto all'economia del tempo, ed alla precisione del lavoro, è dimostrato dall'esperienza che si ha un vantaggio significativo in confronto ai denti lavorati compiutamente di seguito l'uno dopo l'altro.

I fusi dei rocchetti e delle lanterne, si preparano al tornio, o colla pialla. I fusi piallati ed eseguiti colla necessaria accuratezza riescono più lisci di quelli torniti, e perciò meritano la preminenza. La piallatura però esige più fatica della tornitura. Se le radici sono ottangole, per regola si comincia ad appianare le quattro facce diametralmente opposte, indi le altre quattro. Scantonando gli spigoli dell'ottangolo si ottiene un prisma contenuto da sedici facce, e ripetendo l'operazione quanto occorre, si ridurranno pressochè invisibili gli spigoli, approssimandosi in tal modo alla forma cilindrica. Volendo conservare uno spigolo al fuso, come nella fig. 277, questo bisogna lavorarlo colla pialla.

Sono tante nei mulini le qualità dei legni che si lavorano alla pialla, che non crediamo fuori di luogo di fare un cenno della disposizione del ferro nelle pialle, ossia dell'angolo che deve fare col piano inferiore, essendosi osservato che la misura di quest'angolo non è indifferente per la lavorazione delle diverse specie di legnami. Le direzioni indicate come le più

convenienti, sono queste, cioè che il ferro *c d*, fig. 300, debba incontrare il piano *a b* sotto un angolo *b e d*.

Nelle pialle con cui si lavora l'ottone di	92°
In quelle da stagno	90
Nelle pialle da ferro	85
Nelle pialle da ossa e corna	70
Nelle barlotte da leguami, o pialloni da intraversare	60
Nelle cagnacce, o pialle ordinarie	47
E nelle pialle per l'ultima ripulitura	30

Abbiamo notato anche le prime quattro specie di pialle che non appartengono propriamente agli arnesi del mugnaio, perchè riteniamo che le cognizioni pratiche non riescono mai nè inutili, nè discere.

§ 174.

Si è già ricordato che il ruotismo deve essere eseguito assolutamente con precisione e squisitezza di lavoro: bisogna però saper scegliere anche i materiali. Il legno non deve solamente essere sano, ma altresì stagionato quanto basta, e con piena uniformità. La rovere, perchè possa stagionare perfettamente, si deve tagliarla, e lasciarla accatastata da 3 a 5 anni in luogo asciutto e ventilato. I legnami dissecati troppo presto al sole, ai venti, ecc., oltrechè si screpolano, deteriorano in qualità.

Non è però possibile di trovare sempre dei legnami di perfetta stagionatura: questo porta delle gravi conseguenze nella composizione dei meccanismi, per cui non bisogna aver riguardo a spendere per ovviarvi. Quando si fosse obbligati ad adoperare legnami non per anco interamente stagionati, si avrà singolare avvertenza ad impiegarli almeno tutti d'una uguale stagionatura, poichè così, se non altro, restringendosi uniformemente tutte le parti della ruota, sarà difficile che si manifestino notabili difetti, fuor quella di stringersi troppo forzatamente i denti, al qual difetto però i lavoratori esperti sanno trovare ripiego; che invece inserendo per esempio un quarto di legname stagionato a perfezione fra due di legname ancor mezzo verde, o viceversa, si apriranno le unioni e si scontrerà la ruota.

Per le ruote idrauliche si può adoperare senza pregiudizio anche il legno mezzo verde, avvertendo però sempre che sia tutto di una stessa stagionatura. Se poi i legnami fossero troppo aridi, prima di inchiodarli stabilmente, si porranno in luogo umido, o propriamente anche in acqua; oppure si lasceranno le unioni alquanto comode.

Vi sono pure dei casi in cui conviene adoperare legnami mezzo verdi anche pel ruotismo interno, e ciò segnatamente ne' luoghi sempre umidi, come si verifica per lo più nei mulini da segare, e dove le ruote sono soggette talvolta a bagnarsi interamente. Le ruote in siffatte condizioni però non durano lungo tempo; quindi nell'impianto dei macchinismi si deve cercare di sfuggire simili inconvenienti, essendo facile l'ideare ripieghi per collocarli all'asciutto. Le conseguenze dannose di un apparecchio mal disposto riflettono non solo sul proprietario, ma sono risentite anche dall'universale per la sempre crescente penuria de' legnami adattati a questo genere di lavori.

§ 175.

Molte volte si sono progettate delle ruote che sono ad un tempo a corona ed a stella, ma ne furono eseguite ben poche: oltre alla radice, i denti della corona, hanno anche un'appendice, la quale come dimostra la fig. 301, corrisponde alla seconda falda ed è più sottile della radice che attraversa la prima. Sebbene in questo caso la seconda falda dei quarti venga meno indebolita, pure anche usando della massima diligenza è raro che cotali denti impostino a capello nelle relative incavature; inoltre si perde anche il vantaggio di poter forzare i denti coll'intrusione di qualche scheggia nel caso che non imbocchino bene, ed ordinariamente traballano più presto di quelli a radice diritta.

Tanto meno poi sono da consigliarsi i fusi a due maschi cilindrici, sieno essi grossi, o sottili, giacchè, quand'anche da principio tengano saldamente, pure, dopo che sieno usati da qualche tempo, o succedendo una forte alterazione nel movimento del mulino, è facilissimo che ruotino intorno al proprio asse. Allora la superficie di contatto si porta sul davanti, e di rado si possono ripristinare anche usando tutte le cure. Questo fuso generalmente si guasta, e molte volte trae seco anche la rovina del rimanente, e in tal modo tutto il macchinismo prova delle perniciose conseguenze.

Si trovano indicati moltissimi sistemi, e taluni anche eseguiti, per congiungere i quarti delle ruote, appajarli, o indentarli, che il riferirli avrebbe portato troppo per le lunghe. In generale però questi sono tutti peggiori delle unioni a combaciamento da noi esaminate; sebbene presentino alcun che d'artificioso, e possano imporne al primo aspetto. Olttracciò, quand'anche la ruota giri all'asciutto, sarà sempre soggetta a gonfiarsi, o soppassare per le alternative del secco e dell'umido dell'atmosfera, cosicchè in quelle riunite con tagli complicati, si manifestano delle screpolature che pregiudicano alla solidità della ruota. Ciò non succede con tanta facilità nelle

ruote coi quarti collegati a semplice combaciamento, giacchè il legno si ritira poco in lunghezza, e questo poco non è sensibile, perchè i due quarti subiscono pressappoco lo stesso cangiamento. Quando si avesse dubbio che le unioni a semplice combaciamento delle falde dei quarti fossero bastantemente robuste, allora si triplicano le falde stesse, o si stringono le unioni con allacciature di ferro, o con code di rovine, come si disse al § 138.

Al § 119 si è già veduto che le unioni con indentature studiate devono evitarsi anche nella composizione delle braccia.

La figura 302 rappresenta la ruota a stella.

Comunemente nei mulini non si incontrano ruote combinate, le quali cioè sieno nello stesso tempo a ruota ed a corona: si impiegano però utilmente nei casi di voler associare una coppia di macini ad un bristatojo, od altro simile apparato. Una tal ruota è delineata nella fig. 302.

La migliore costruzione si ritiene quella a quarti quadri, ossia con lunette, perchè vi si possono appicare più stabilmente le braccia, e la ruota in complesso riesce più robusta. Le unioni dei quarti devono cadere sull'asse dei denti della ruota a stella, e le cavicchie sopra e sotto ai denti della ruota a corona. Le stesse unioni si possono corroborare con granchi a quattro cuspidi, come è indicato in *B*. Per le ruote soggette a sforzi violenti, sono da preferirsi le bandelle di ferro con viti indicate colla fig. 230 sotto le quali si può metterne una più piccola che copra la giuntura, in modo che questa ultima viene ad essere trattenuta dalle prime.

Non occorre che la corona di questa ruota sia molto più robusta di quella di una ruota semplice. La si fa larga e grossa il doppio di una divisione dei denti della ruota a stella, coll'aggiunta di 12, o tutto al più 25 millimetri.

Del resto, il modo di costruirla è identico a quello descritto per le ruote a corona ed a stella, e quindi è vano ripeterlo: diremo solamente che si esige una speciale accuratezza e diligenza, perchè la ruota abbia a riescire di conveniente durata.

CAPO DECIMO

Degli alberi e loro accendrij.

§ 177.

Gli alberi, detti anche assi, fusi o fusoli si fanno preferibilmente con legname sano di rovere: ma siccome le roveri diritte, lunghe e sane ognidi più scarseggiano quasi per ogni dove; gli è perciò che bisogna pure accontentarsi di sostituirvi del larice. Per durata e stabilità la rovere tiene il primato sicuramente, però, si può benissimo valersi del larice, quando sia sano ed a giusta maturità. Gli alberi di pezzo, o di pino in genere, sono da adoperarsi solamente nei casi di estrema necessità. Volendo si può impiegare oziandio il faggio, ma però ne' luoghi perfettamente in asciutto. Del resto, anche questi ultimi si dura fatica a trovarli delle dimensioni richieste, e senza difetti.

La lunghezza degli alberi si regola in corrispondenza alla grandezza, ed alla disposizione del meccanismo. È raro che gli alberi delle ruote maestre possano essere meno lunghi di quattro metri e mezzo, e nei molini a varie doccie accoppiate, e col macchinismo tutto in una sol pianta di fabbrica bisognano degli alberi lunghi per fino nove e più metri. Negli stabilimenti che si erigono di nuovo, o dove si introducano cambiamenti capitali, si abbia cura solerte ad evitare gli alberi assai lunghi, non tanto per il riflesso della sempre crescente penuria de' legni accendi, quanto perchè più frequente è la necessità di rinnovarli.

In Inghilterra, dove il legno ha un valore in proporzione assai elevato, presentemente la maggior parte degli alberi è fatta colla ghisa: questi, o sono di figura cilindrica, e cavi (fig. 371, 372 e 373) o sono massicci, e muniti di costole. Della struttura di questi alberi si dà una qualche idea sulla fine di questo capo.

§ 178.

Ad onta delle ricerche intraprese, per determinare teoricamente la grossezza degli alberi, i risultamenti che si hanno in proposito, non meritano piena fiducia. Ciò dipende in parte dalla natura stessa del legno, in parte

dalla imperfezione delle nostre macchine, e da altre consimili cagioni. Spesse volte un albero dura il doppio e il triplo di un altro che abbia le stesse dimensioni quantunque in apparenza sembrino ugualmente sani.

Quand'anche nei legni destinati solamente a reggere si verificchi assai da vicino il noto teorema delle resistenze rispettive, le quali stanno come i quadrati delle altezze moltiplicati per le larghezze in sezione, divisi per le lunghezze; nullameno converrà andar cauti nel farne l'applicazione agli alberi delle ruote da mulino, perchè quivi s'affaccia una quantità di circostanze accessorie, delle quali non sappiamo ancora farci chiara e precisa ragione. Non basta che l'albero valga a sopportare il proprio peso, e quello della ruota infissa: egli deve altresì non oscillare, se il movimento per eventuali emergenze non fosse perfettamente uniforme, se l'acqua agghiacciando si rappigliasse in masse difformi e disuguali in giro alla ruota, ed altro somigliante. Si dovrà calcolare eziandio che l'albero sia robusto a segno da non oscillare, o rompersi tanto allorchè si dia l'acqua, alla ruota, nel qual momento egli esercita lo sforzo massimo per superare l'inerzia del meccanismo, sia che per una causa qualsivoglia il mulino rallenti il suo moto all'improvviso, o si fermi del tutto, sia che si spezzino dei denti, donde provengono agitazioni violentissime. Tali accidenti per verità, non dovrebbero succedere, o potrebbero vegire diminuiti con accorta previdenza, ma rimuoverli del tutto non sarà possibile, troppe essendo le cagioni da cui derivano, e queste non sempre tali da potersene preventivamente figurare. Che poi, per uno di questi, o di consimili casi, se l'albero non si spezza propriamente in due, riceve però un crollo siffatto, che bene spesso è origine della posteriore sua rottura.

Ma non basta che l'albero resista convenientemente. Facciasi grosso come si vuole, verrà tempo che dovrà rompersi: pare quindi che sarebbe opportuno scandagliare quanto avrebbe durato un altro albero di maggiore grossezza, per sapere quale sia miglior consiglio relativamente alla durata degli alberi, se di prenderli cioè più grossi, o più sottili. Un albero di 57 centimetri al riferire del Neumann (1), in date circostanze dura per tre da centimetri 41, per cui è più vantaggioso l'adoperare il primo, che non gli ultimi, sia perchè ogni albero richiede una pianta intera, sia perchè a lavorarli e metterli in posto esigono una fattura sempre rilevante e quasi uguale ogni volta per ciascuno.

Non si biasimi adunque il mugnaio, se cerca di tenere gli alberi più grossi che può, e se pecca sempre piuttosto per abbondanza che per difetto.

(1) Archit. dei Mulini, cap. X, § 159.

Il maggiore attrito che soffrono i perni dal peso più rilevante dell'albero, non è tale da operare una significativa influenza sull'organismo del mulino; inoltre l'attrito può essere diminuito sensibilmente mantenendo i perni puliti come si conviene, rinfrescati, ed unti. Di ciò parleremo in seguito. Messa da un lato per tanto l'idea della sprecatura del legno, vedesi bene giustificato il principio di fare gli alberi possibilmente grossi.

Ma anche una tale grossezza ha i suoi limiti, e l'esperienza insegna che negli stessi mulini della massima portata non abbisognano alberi più grossi di centimetri 70, o tutto al più di 80 (1).

Fintanto che la teoria non ci abbia dati risultamenti più trattabili, potremo nella pratica usare le misure che ci offre lo stesso Neumann dietro la propria esperienza. Gli alberi sono di pino di buon taglio lunghi da metri 6. 80 ai metri 7. 40.

- 1.° Per una ruota a palmette robustamente contestata, applicata a due palmenti, fornita d'acqua a sufficienza, con meccanismo forte e ben lavorato, l'albero avrà il diametro di met. 0, 60
- 2.° Per una ruota a palmette leggiera e svelta, che muove due palmenti ugualmente leggeri » 0, 55
- 3.° Per una ruota a palmette complessa, adattata ad un palmento pesante » 0, 50
- 4.° Per una simile ruota piuttosto smingola, col resto del meccanismo correlativo, pel caso di scarsezza d'acqua » 0, 45
- 5.° Per una ruota a cassette robusta, da condurre due palmenti di solida struttura » 0, 65
- 6.° Per una ruota simile leggiera e svelta, con due palmenti simili » 0, 60
- 7.° Per una simile ruota robusta, con un palmento confacente . . . » 0, 55
- 8.° Per una simile debole, con palmento pure analogo » 0, 50

Ogni 6 palmi di lunghezza più o meno si potranno aggiungere, o levare due centimetri e mezzo al diametro, conicchè un albero come quello del N.° 3, lungo soli metri 5, dovrà avere solamente 40 centimetri di diametro, ed uno come quello al N.° 4, lungo 9, 25, dovrà essere di 52 centimetri.

Agli alberi ottangolari si potrà dare la stessa grossezza, misurandola sul diametro medio. Se le braccia saranno addossate all'albero come appunto si suole la massima parte delle volte negli ottangolari, si potrà sminuirne la grossezza dai 25 ai 50 millimetri.

(1) Neumann, op. c. l. c.

Le grossezze indicate però, non sieno una norma impreteribile dalla quale non si possa menomamente scostarsi, massime se si tratta di un tenue divario in più od in meno, e singolarmente se si debba aver riguardo alla bontà del legno. Sarebbe fuor di proposito eziandio se da un pezzo di legno si volessero levare due o più centimetri che sorpassassero alle misure suindicate, o che volesse rigettarsi un legno sano perchè fosse alquanto sottiglietto.

§ 179.

Sia dal lato del maggiore perfezionamento dei nostri mulini, che per l'economia forestale, ci sembra dover essere assai importante che si impieghino tutti i mezzi conosciuti, a procacciare che gli alberi durino senza spezzarsi, o non si rendano altrimenti inservibili, che a capo di un periodo di tempo che sia possibilmente il più lungo.

A tale intento, come è già avvertito di sopra, negli stabilimenti nuovi, e nelle rimonte generali, si schiveranno a bello studio gli alberi lunghi. Questi non solo si schiantano prima de' corti, ma vogliono anche essere più grossi, affinchè non oscillino: oltracciò, i fusti lunghi, grossi, diritti e sani, come debbono essere quelli da farne alberi da ruote, sempre più si fanno scarsi, e difficili a rinvenirsi, mentre un tale imbarazzo non si verifica tanto facilmente per gli alberi corti. Che se saremo costretti ad adoperare, o conservare alberi lunghi, si cercherà almeno di sostenerli nel mezzo munendoli di un *collare* che giri sopra un pulvino, come si frequenta negli alberi dei mulini a vento. La frizione in tal modo realmente si aumenta un poco, ma l'aumento è di poca rilevanza se si considera, che non solo riescono meno aggravati i perni, ma è tolta eziandio l'oscillazione, la quale come è noto accresce sensibilmente la frizione stessa.

Sarebbe desiderabile che l'uso delle braccia all'olandese si propagasse quindiinnanzi maggiormente. Pare però che si dia ancora troppo peso alla solita obbiezione che le ruote con tali braccia non possono assicurarsi colla dovuta fermezza agli alberi. Ma siccome questa eccezione, come avverte il Neumann, è mossa il più delle volte da coloro che non hanno mai voluto sperimentarle tali braccia, mentre quelli che le provarono ne ebbero buon esito, e nei mulini a vento degli Olandesi veggonsi adoperate anche per le ruote a corona di grossa portata, benchè finora, a vero dire, non si abbia fatto studio per procurar loro la massima fermezza, così sembrerebbe comprovato che la mentovata obbiezione, non può essere che un pregiudizio.

Dove o non si vogliono, o non si possono adoperare le braccia all'olandese, si dovrebbero almeno fasciare gli alberi con viere presso all'inserzione. Usando di un tale espediente, quando gli alberi siano forati nel modo che diremo, sono soggetti assai meno a spezzarsi. Si verifica però spesso che anche gli alberi non fasciati anzichè rompersi al punto d'inserzione delle braccia, si schiantano più presto nella posizione che corrisponde al foro per cui comunicano fra l'interno e l'esterno dell'edificio, essendo quivi esposti alle alternative del secco e dell'umido, ed essendo altresì questo ordinariamente il punto più debole, secondo i principj della statica. Gli alberi fasciati poi sono ancor meno soggetti a rompersi presso alle braccia, e d'altronde il costo delle viere è di nessuna entità, rispetto all'utile. Siffatta spesa finalmente è da considerarsi puramente in quanto alla somma primitiva, perchè questi sono oggetti che durano si può dir senza fine.

Abbiamo detto che gli alberi si rompono frequentemente vicino al passaggio tra l'interno e l'esterno, sarà quindi necessario per conservarli più a lungo di fare in modo che l'acqua s'insinui meno che sia possibile. Per questo si potrà fasciare l'albero nella situazione indicata con sartame, o meglio con cerchielli, come insegneremo più innanzi.

Del resto gioverà molto alla lunga durata degli alberi, che le ruote sieno costrutte con precisione, e che i movimenti nel mulino procedano colla conveniente regolarità, giacchè gli urti accidentali delle ruote, e le rivoluzioni saltuarie nella parte mobile del meccanismo, oltre alle perdite notabili della forza viva, ed utile, sono comunemente le cagioni primarie delle rotture. Bisognerà pure essere diligenti nella lavorazione degli alberi, curare la forma dei perni e il modo di inserirli, del che ragioneremo in seguito.

§ 180.

Gli alberi con braccia a stella comunemente si foggiano a cilindro, e quelli con braccia all'olandese, si lavorano a forma prismatica. Molte volte però anche i primi si digrossano soltanto in prismi di 16, 18 e fin 24 facce senz'altro lavoro; volendo però, si possono smussare facilmente tutti gli spigoli di un tale prisma poliedrico, e ridurlo a perfetta rotondità colla pialla, ma non vi è un utile a farlo, non trovando motivo per cui un albero non possa servire ugualmente bene tanto con una forma che coll'altra.

Non dovrebbe neppur dirsi che gli alberi non hanno ad essere tagliati precisamente in quadro, poi ad otto indi a sedici spigoli, per essere ridotti alla forma idrata, ma si devono i tagli giudiziosamente regolare in modo da risparmiare il legno quanto più è fattibile. Un tale fallace processo

sarebbe in opposizione alle mire de' mugnaj, che sempre tendono a pronunciarsi alberi della maggiore grossezza, e noi non l'avremmo nemmeno ricordato, se l'Hoffmann (1) non dichiarasse che si trova usitato, la qual cosa recherà sempre più meraviglia considerando che il metodo che sarà da noi dimostrato, e che si usa quasi comunemente, è più pronto e meno laborioso.

Nel ridurre gli alberi diritti ed a forma prismatica regolare, si cerchi adunque la massima economia dei tagli. Se un fusto sarà notabilmente curvo, dalla parte concava, si taglierà a filo della superficie, di modo che quivi il lato del prisma sarà costituito dalla stessa superficie naturale del fusto, anzi riuscirà alcun poco mancante; si dovrà però avere l'avvertenza che la mancanza non oltrepassi $\frac{1}{18}$ del diametro. Nei fusti di legname resi-

noso, ritenuto che sieno sani e maturi abbastanza, vuolsi levare l'alburno, il quale rare volte è più grosso di tre centimetri: però si avrà cura di non intaccare menomamente le fibre legnose.

Per lo stesso oggetto si lascia l'albero 3, o 4 centimetri più grosso verso la radice che dalla parte della cima, e negli alberi per ruote idrauliche, la testa più grossa si tiene nell'interno del mulino. Due ragioni lo consigliano: la prima, perchè l'acqua che cade sull'albero scorre in fuori: la seconda, perchè comunemente gli alberi sono più lunghi all'esterno che all'interno della fabbrica, e quindi il tronco che corrisponde al pertugio della muraglia di separazione è più robusto e resistente, che non sarebbe se l'albero fosse rivolto colla cima dalla parte interna del mulino.

Potendolo, si taglieranno gli alberi al bosco più lunghi del bisogno; quand'anche il pezzo esuberante fosse a pura perdita, perchè le teste sono soggette quasi sempre a screpolare, e inoltre non è indifferente, massime se le braccia devono essere a stella, che queste colpiscano in qualche punto difettoso, o danneggiato dell'albero.

§ 181.

La procedura usuale per digrossare gli alberi è questa: si colloca l'albero orizzontalmente su due appoggi, e si taglia a squadro alle due estremità. La fig. 321 ne rappresenta le due teste. Col compasso si trovi il loro centro *c*, curando di determinarlo in modo, che l'albero riesca diritto, senza che si abbiano a dover fare dei tagli troppo generosi da un lato, od a

(1) Mühlens, § 58.

lasciare delle cavernosità, o dei seni dall'altro, salvo il caso rilevato nell'antecedente paragrafo, che l'albero fosse notabilmente piegato. Per cavare da un fusto un albero della massima portata possibile, bisogna avere un occhio piuttosto esercitato, e saper maneggiare la funicella con arte. Queste sono tali particolarità che non si lasciano descrivere come si vorrebbe.

Stabilito che sia il centro della due teste, collo stesso compasso si descrive il contorno dell'albero, e senza muoverlo si segnano i punti 1 e 10 servendosi del piombino la cui direzione si fa coincidere col centro delle teste. In tal modo si può tracciare il diametro verticale 1, 10. Supposto, come esprime la figura, che l'albero voglia ridursi a 18 lati, si potranno dapprima determinare facilmente col raggio i punti 4, 7, 10 e 16, sapendosi che il lato dell'esagono regolare è uguale appunto al raggio del circolo circoscritto. Per non cadere in errore nello individuare i punti di divisione, possono condursi anche i diametri 4 e 13, 7 e 16. Ciascuno de' sestanti in cui abbiamo diviso la circonferenza, si suddivide successivamente in tre parti, ed i punti 1, 2, 3 . . . 18, rappresenteranno gli spigoli del prisma di diciotto lati. Devesi però avvertire che per segnare i punti in corrispondenza sulle due teste, bisogna scrivere i numeri sull'una progressivamente da dritta a sinistra, e sull'altra a rovescio. In pratica non si contrassegnano i punti, perchè non è così facile lo scambiargli.

Dopo di ciò si giri l'albero in modo, che due dei punti contigui, come il 1 e 2 della fig. 322, riescano nella stessa verticale. Nel nostro caso potevamo lasciare l'albero nella sua posizione primitiva, ed incominciare l'operazione ai due punti 5 e 6, fig. 321. Si segnino adunque i punti *a* ed *a'* sulla periferia del tronco: a questi punti si applichi la funicella, e si batta la traccia *a s a'* ed a seconda di essa, si taglino nel piano verticale le parti esuberanti *a b d*, *d' b' a'*.

Sanno tutti che la funicella de' segatori, si intigne in un colore col quale, ribalzata sul legno, o su di altra superficie, lascia un'impronta. La materia colorante ordinariamente è la creta, od il carbone di legno dolce, come quello di salice, o simile, oppure il rosso. La prima non è troppo adattata a quest'uso, perchè le tracce si vedono a mala pena sul legno verde, e coll'umido si cancellano facilmente. Il carbone per questo riguardo è più confacente, ma anch'esso non pareggia il rosso. Quest'ultimo è adoperato quasi universalmente e quantunque notissimo pure ritengo che non sarà inutile darne un'idea. Si stempera del bolo di Armenia nell'acqua, in tal dose che ne riesca una pastina molliccia, piuttosto liquida, e si ripone in vasetto apposito *A*, fig. 329. La funicella si conserva sempre avvolta

su di un aspo, e vi sono annessi un accompagnatojo *C*, ed una campanella, od anelletto *D*. Quando si vuole adoperare la funicella, si pone il vasetto vicino al tronco da segnare: un manuale piglia l'aspo *B* con una mano, e tiene nell'altra l'accompagnatojo *C* costretto nel vaso *A*, mentre un secondo manuale prende l'anello *D*, e portandosi da un capo all'altro del tronco, obbliga la funicella a scorrere, e quindi a colorarsi. — La funicella così colorata, serve a segnare diversi tratti senza bisogno di essere rinfrescata. — Quando il colore nel vaso è secco, si stempera aggiungendovi acqua schietta.

Tornando al nostro argomento, diremo, che dopo avere battuta la traccia *a s a'*, fig. 322, si rivoltà nuovamente l'albero, come nella fig. 323, in modo che i due punti consecutivi 2 e 3 cadano nella verticale; si batte la traccia *a t 2*, e dietro questa si stacca il legno crescente, come si è fatto la prima volta. Proseguendo a questo modo, e compiuto che sia tutto il giro, l'albero prenderà la richiesta figura di un prisma a diciotto facce, o di una piramide tronca, a basi poligone di diciotto lati, qualora i diametri delle teste non fossero di misura uguale.

Collo stesso andamento si può ridurre l'albero a quella qualunque forma poliedrica che si voglia.

Per lavorare un albero a prisma di basi ottagone si condurrà il diametro *c d* perpendicolare al diametro verticale *a b* segnato col piombino, la quale operazione si eseguisce colla squadra, o meglio bipartendo la semicirconferenza colla nota costruzione geometrica. Dimezzando poscia i quadranti che risultano si ottengono i diametri *e f* e *g h*. Continuando a suddividere le parti come sopra determinate, si avrebbe un poligono di sedici lati, poi uno di trentadue e così di seguito raddoppiando sempre.

Per tagliare quest'albero, fig. 325, ad otto spigoli, basta posarlo coi punti 1 e 2, fig. 326, nella linea verticale, battere la traccia *a s a'* e staccare pure nel piano verticale il legno esuberante. Dopo si gira l'albero tanto che i punti 2 e 3, fig. 327, riescano nel perpendicolo, e si ripete l'operazione del taglio proseguendo finchè l'albero sia perfezionato come si vede nella fig. 328.

Lavorando gli alberi a questo modo, si girano una volta sola su tutta la circonferenza. Il taglio a perpendicolo, non è difficile per un carpentiere abile ed esercitato.

Dopo che gli alberi sono lavorati alla foggia precedentemente indicata, si mettono a stagionare quanto occorre. Le roveri esigono parecchi anni. I legnami resinosi asciugano un po' più presto, ma però, prima di adoperarli, bisogna lasciar passare almeno uno o due anni dopo che sono stati tagliati. È infallantemente necessario, perchè gli alberi si conservino lunga pezza, di adoperarli perfettamente stagionati, altrimenti o li invade la podredine, o si smuovono gli steli, o succedono altrettanti dannose conseguenze. Per ciò i mulini a più palmenti, e bene amministrati, dovrebbero sempre averne qualcuno in serbo, o per lo meno non ridursi a farne la provvista al momento di adoperarli: perciocchè, oltre ai danni che abbiamo segnalati, dipendenti dall'usare alberi di taglio troppo fresco, si ha un'altra perdita a dover sospendere la macinatura, e poscia a doverla ripigliare con precipitazione, per soddisfare alle usuali occorrenze.

L'albero a stagionare deve adagiarsi al coperto sopra sedili, o topi. Quando non si abbia un arsenale, o magazzino apposito, si forma una tettoja artificiale contro la parete di un edificio, lontano però dallo stillicidio della grondaia, e come si può rilevarne un'idea dalle fig. 331 e 332.

Per impedire che le teste marciscano, o si sarepolino, si possono impiccare alquanto. Sarà bene che la situazione dove si mettono gli alberi a stagionare sia difesa dai venti gagliardi.

All'atto di doversi servire di un albero, bisognerà anzi tutto attaccarvi le braccia e quindi se queste saranno a stella, od a croce, si prepareranno i fori opportuni, e se saranno all'olandese, vi si inchiederanno sopra dei prismi triangolari, per ridurlo ad un parallelepipedo di sezione quadrata nella posizione in cui cadono le braccia.

Nello eseguire il perforamento si porrà tutta l'attenzione a procurare che le nodosità od altri difetti del legno non incontrino tra le spalle dei fori: anzi se ve ne fossero, bisognerà studiare il modo di farli corrispondere ai fori, onde sieno scolpiti via: ecco perchè sulla fine del § 180 abbiamo suggerito quando si recidono gli alberi al bosco di tenerli alcuni poco più lunghi del bisogno.

Gli alberi si riducono alla misura precisa che devono avere, tagliandoli alle estremità perpendicolarmente all'asse, indi col compasso si rintraccia

il centro delle due teste, il che si può fare o con metodo meccanico, o tirando alcuni diametri fra gli angoli opposti dei poligoni, i quali come sappiamo, devono tagliarsi nel centro della figura. Con questo centro si descrive una periferia la quale lambisca quasi il contorno dell'albero, e su questa si potranno scompartire i fori per l'appiccatura delle braccia, come è rappresentato colla fig. 333. Finalmente si rivoltà l'albero, in modo che il piombino batta sull'asse ab di uno dei fori e con facilità si determina anche la linea di mezzo delle altre braccia suddividendò la periferia delle teste in quelle tante parti che occorrono secondo che la combinazione delle braccia voglia farsi a croce, od a stella. Esèguita una tale operazione, e supposto il caso della braccia a croce espresso dalla fig. 333, rimarranno da unirsi i corrispondenti punti delle teste aa , bb , cc , dd , locchè si eseguisce battendone le tracce colla funicella. In tal modo viene ad essere espressa la direzione dei fori delle braccia, anche sulla superficie esteriore dell'albero.

Sopra una di queste tracce si misura la distanza esatta a cui vanno inserite le braccia, e per riportarla anche sulle altre tracce, si fa uso di uno strumento somigliante ad una squadra, quale è quello delineato alla fig. 334. Nel centro delle due teste si adatta un picciol perno provvisorio, ed in corrispondenza di quello si fa un incavo nel braccio corto della squadra: se l'albero avrà le teste di grandezza disuguale, gli incavi saranno due, affinchè la squadra possa soddisfare all'ufficio suo convenientemente, e il braccio lungo non abbia a rimanere troppo sollevato dalla superficie esteriore dell'albero.

Preparato in tal guisa lo strumento, si infila sul perno, e si gira fin tanto che uno degli spigoli del braccio lungo coincida con una delle tracce già seguite, iodi per terminare il lineamento dei fori, dai punti già individuati si marca lateralmente col compasso la semilarghezza delle braccia ab ed ac , fig. 334, e per ultimo si tirano le linee bb , cc e bc .

In appresso si penserà all'effettiva congiuntura delle braccia, e per questo si intaglieranno i fori alle competenti dimensioni. Le regole che fanno a proposito le abbiamo già esposte al § 107 per cui non ci restano da aggiungere che là poche osservazioni seguenti.

Nelle ruote a corona, e in quelle altre colle braccia inserite sul fianco, l'apertura anteriore dei fori deve cadere sempre in un piano normale all'asse dell'albero, ed i cunei di stringimento restano dietro alla ruota. Nelle ruote a stella, e in tutte quelle a braccia doppie e combacianti, i cunei sono necessari a ciascuno dei due lati, ed i fori vanno allungati opportunamente. Nelle ruote d'acqua, nelle lanterne, ed altre a braccia doppie, ma distaccate, succede

come in quelle a corona che i fori si lavorano sul lato stretto delle braccia, dove si trova l'anello, cosicchè le loro fronti anteriori sfiorano in una superficie, ed anche le biette s'infiggono sempre dietro alle braccia, o contro l'anello.

Nelle ruote a corona, ed in tutte quelle a braccia semplici, come anche in quelle a braccia doppie, ma disgiunte, singolarmente però nelle prime, non vi dovrebbe essere mai bisogno di ficcar biette dalla parte anteriore delle braccia. Quindi nello apparecchiare i fori si raccomanda la massima diligenza. Anche quei fori però, nei quali non deve cacciarsi il cuneo di stringimento di dietro si fanno un centimetro o due più lunghi della larghezza delle braccia e propriamente più da un lato dell'albero che dall'altro, per potervi insinuare una piccola bietta, perchè altrimenti le braccia, o non si possono far passare, o non riuscirebbero ferme. La fig. 335 rappresenta i profili di un albero forato in croce secondo la regola accennata. La punteggiata *ab* è la parte anteriore; la *cd* la posteriore delle braccia, ed *ac* la loro larghezza.

Anche sulla larghezza delle braccia non sarebbero necessarie le biette, perchè gli alberi con queste facilmente si strappano, e inoltre non stringono troppo bene. Siccome però questi precetti sono spessissimo violati, così bisogna limitarsi a desiderare che almeno non si adoperino che biette molto larghe, e di legno dolce, perchè propriamente le braccia non dovrebbero serrarsi con biette che sul di dietro.

Dalle cose dette chiaro scaturisce che la foratura degli alberi esige molta diligenza ed accuratezza. I metodi coi quali si eseguisce materialmente l'operazione li supponghiamo noti abbastanza, per cui diremo solo, che gli alberi devono collocarsi in modo che il foro possa scolpirsi a perpendicolo, potendosi esplorare frequentemente col piombino se i tagli procedono colla necessaria regolarità.

§ 184.

Quando le braccia sono all'olandese, l'operazione è più semplice. Apparecchiato che si abbia l'albero ottangolarmente, e stagionato a dovere, seppure le speciali contingenze non isforzassero a fare altrimenti, lo si recide regolarmente alla lunghezza che occorre, curando però attentamente di evitare che non riesca qualche parte difettosa vicino al foro della muraglia che separa l'edificio interno dall'esterno, il qual sito è soggetto continuamente alle alternazioni del secco e dell'umido. In seguito si determina la posizione delle braccia e su quattro delle facce diametralmente opposte.

si applicano dei travicelli di rovere, di forma prismatica a base triangolare, in modo di ridurre quadrangolare la parte corrispondente alla indicata posatura delle braccia fig. 341. I travicelli vanno intaccati 10, o 12 millimetri nel vivo dell'albero, per allontanare il pericolo che le braccia si sloghino nello imbiettarle. Del resto questi travicelli si fanno da 40 a 45 centimetri più lunghi della larghezza della braccia e si smussano ai canti, conforme al disegno, in modo che rimanga tuttavia un intervallo di 10, o 12 centimetri per parte, fig. 342.

All'officina ordinariamente non si fa che segnare la posizione di questi travicelli, lavorarne l'intaccatura, e metterli in prova, aspettando a congegnarli stabilmente quando l'albero è a luogo, ed anche allora non si fa che appuntarli leggermente, perchè restano trattiene con sufficiente fermezza dalle braccia stesse.

Se l'albero, al sito delle braccia avesse qualche magagna, si cercherà di nasconderla sotto ai travicelli.

§ 185.

Ai capi di ogni albero si forma una strematura, che dicesi il *collo*, in cui si infiggono i perni, che si corroborano con anelli, o *viere*. Il metodo è sempre uno, sia l'albero tondo, od ottangolare.

Il collo suol farsi lungo a parò della coda, o rientranza del perno, che è quanto dire, di 40 a 45 centimetri. Negli alberi di grossa portata si fanno anche da 50 ai 60. La grossezza, ossia il diametro del collo si regola in certo modo a seconda delle viere che si hanno a disposizione: sarebbe però meglio che la cosa camminasse all'inverso, vale a dire che gli anelli fossero conformati alla misura del collo. Tante volte si vedono degli alberi di collo meschinissimo a paragone delle dimensioni del corpo, come ad esempio quello della fig. 344, e non è raro che ciò sia motivo della loro rovina.

Tengasi adunque per regola di stremare il collo mai oltre $\frac{1}{12}$, del dia-

metro per di dietro, ed $\frac{1}{6}$ sul davanti, di modo che il collo di un albero da centimetri 60 di diametro, non debba diminuirsi più dei 55, ai 50 centim.

» 45 41 38

» 30 27,5 25

Il risparmio che risulterebbe usando viere piccole invece delle grandi, non è valutabile in paragone alla minore robustezza degli alberi.

Per formare il collo, si cominci a segnare la grossezza in testa; fig. 345, servendosi del compasso: se ne misuri la lunghezza, e s'intagli alla radice con una sega, fig. 346, internandosi quanto basta. Si stacchi il legno che sopravanza incominciando agli estremi di due diametri opposti; indi su quelli dei diametri interposti ai primi due, in guisa che ne risulti un ottagono, fig. 348. Su questo andare continuando non sarà difficile convertire ad occhio l'ottagono in un esadecagono e via di seguito, fintanto che si abbia rotondato come occorre; oppure si può anche lavorare la parte anteriore e la posteriore dell'ottagono sui modelli rappresentati dalla fig. 349 e la parte intermedia con una squadrucchia. Dopo di ciò all'albero non mancano che i perni per essere compito.

§ 186.

Nei mulini si adoperano due particolari qualità di perni, cioè i perni così detti a *squadra*, a *coda*, od a *rampino*, e quelli a *scotola*, *palmati*, a *pinne*, a *pala*, od a *badile*. I primi si lavorano con ferro malleato, gli ultimi sono di ghisa.

La fig. 350 rappresenta un perno a rampino. Essi sono lunghi circa quanto il diametro dell'albero: la testa, ossia la parte a cilindro sporgente, si può lasciar grossa 8, o 10 centimetri, e lunga 10. La radice, o la parte prismatica è grossa come la testa, e va assottigliandosi di una quarta parte all'incirca verso l'estremo opposto della coda. Il ramo risvoltato della coda può esser lungo 16 o 20 centimetri: se la lunghezza è maggiore, torna piuttosto dannosa che utile. Non raccomandiamo neanche i perni a rampino rincurvato, fig. 351, perchè non sono i più robusti, nè si possono sodamente incuneare.

Nella fig. 352 è delineato un pernio a pala. La testa va fatta grossa quivi pure da 8 a 10 centimetri e lunga similmente 10, e si prolunga a mo' di costola cuneiforme sull'asse della pala. La pala può farsi lunga anch'essa un diametro, o si può volendo lasciarla da tre a cinque centimetri più breve. La loro larghezza suol essere di 3 ai 5 centimetri inferiore al diametro del collo, e come questo, si fa un po' più largo sul di dietro, che non sul davanti. La grossezza ordinaria è fra i 3 ed i 5 centimetri. Assumendo per norma generale le grossezze degli alberi assegnate al § 178 si può fare la testa del pernio lunga e grossa $\frac{1}{5}$, od $\frac{1}{6}$ delle grossezze ivi stabilite; la pala, uguale in lunghezza, e grossa $\frac{1}{12}$ del diametro dell'albero; questo

poi sarà misura anche della sua larghezza scemato che sia di $\frac{1}{6}$ alla testa, e di $\frac{1}{8}$ alla radice.

Queste sono le dimensioni che il Neumann appoggiato alla propria esperienza nella più volte citata sua opera, § 167, stabilisce di dare ai perni degli alberi dei mulini usuali. Altri autori hanno proposte altre regole desunte similmente dalla pura pratica. Il Fabre (1) ci assicura che un perno orizzontale del diametro di due pollici (mil. 54) può sostenere un peso di 3000 libbre (chil. 1468,52) e più, cosicchè se il peso sarà minore, basterà dare ai perni 5 centimetri di diametro: non fa però distinzione alcuna tra i perni di ferro e quelli di ghisa. Dichiaro inoltre che la loro forza è proporzionale alla grossezza che hanno, ed i loro diametri sono pressappoco come le radici quadrate dei pesi da sostenere: per cui, se due pollici bastano per un peso di libbre 3000, per un peso quadruplo, basterà un diametro doppio.

Roberto Buchanan (2) riferisce le dimensioni ed il peso di molte ruote a cassette, quali di legno e quali di ghisa, e la grossezza dei loro perni di ghisa (*cast iron gudgeons*), e ne deduce la seguente regola assai semplice per trovare il diametro dei perni, espressa in misure inglesi ed adattata alla pluralità dei casi:

Dal doppio del peso di cui è aggravato il perno (misurato in centinaia di libbre 112) si estraiga la radice cubica, ed il numero risultante, esprimerà in pollici il diametro del perno.

Sia P la porzione di peso, di cui è caricato il perno, chiamando d il suo diametro, sarà dietro l'esposta regola

$$d = \sqrt[3]{2P}$$

e se i due perni di un albero saranno caricati ugualmente, vale a dire se il peso può supporli applicato sul mezzo incirca dell'albero, dinotando con Q il peso totale, e con D il diametro del perno, avremo

$$D = \sqrt[3]{Q}$$

Ritenuto che il pollice inglese equivale a centim. 2,54, ed il centinaio di libbre 112 = chil. 50,785, le formole suesposte si potranno trasformare

(1) *Essai sur la constr.* § 362.

(2) *Practical Essays on Mill Work and other Machinery*, ecc. Seconda ediz. con note ed aggiunte di Tommaso Tredgold, tom. I, § 153 e seg.

in queste altre, che daranno gli omologhi risultamenti a misura metrica,

$$d' = 4,012 \sqrt[3]{P'}$$

e se i due perni sono caricati egualmente

$$D' = 3,2 \sqrt[3]{Q'}$$

dove P' e Q' sono quintali metrici (chil. 100), d' e D' centimetri.

Dalle sperienze di Buchanan si ricava eziandio che la resistenza rispettiva della ghisa comparata a quella del ferro battuto, si trova nel rapporto di 9 a 14. Di qui risulta che un perno di ferro battuto potrà avere minori dimensioni che saranno determinate dalle formole

$$\delta = \sqrt[3]{\left(\frac{9}{7} P\right)}$$

$$\Delta = \sqrt[3]{\left(\frac{9}{14} Q\right)}$$

le quali ridotte pure alla misura metrica si trasformano in queste altre:

$$\delta = 3,48 \sqrt[3]{P'}$$

$$\Delta' = 2,76 \sqrt[3]{Q'}$$

Tredgold propone di aumentare di $\frac{1}{8}$ i diametri che si trovano colle precedenti equazioni, per tener conto del consumo del metallo.

APPLICAZIONE 1.^a

Quale dovrà essere la grossezza dei perni di ghisa di un albero lungo met. 4 e del peso di 150 quintali metrici?

Colla regola di Buchanan, e ritenuta la proposta di Tredgold, fatte le debite sostituzioni, si trova

$$D' = 3,2 \sqrt[3]{Q'} = 3,2 \sqrt[3]{150} = \text{cent. } 17,02$$

$$+ \frac{1}{8} = 2,12$$

$$D = \text{cent. } 19,14$$

APPLICAZIONE 2.^a

Un albero lungo met. 2,50 è aggravato da una ruota che pesa trenta quintali ed è situata in modo che la sua distanza dall'uno dei perni è di met. 2, dall'altra soli centim. 50.

Si vuol determinare il diametro dei due perni, che devono essere di ferro battuto.

Primieramente bisogna stabilire il peso che gravita su ciascuno dei perni. Chiamando p il peso portato dal perno più vicino alla ruota, e p' quello di cui è caricato il perno più distante, si avrà

$$p = \frac{30 \times 2,00}{2,50} = 24 \text{ quint.}$$

$$p' = \frac{30 \times 0,50}{2,50} = 6 \text{ quin.}$$

Ciò posto, si troverà il diametro del perno più vicino,

$$d' = 3,48 \sqrt[3]{24} = 3,48 \cdot 2,88 = \text{cent. } 10,02$$

$$+ \frac{1}{8} = 1,25$$

$$d' = 11,27 \text{ centim.}$$

e quello del perno più discosto

$$d' = 3,48 \sqrt[3]{6} = 3,48 \cdot 1,82 = 6,33$$

$$+ \frac{1}{8} = 0,79$$

$$d' = 7,12 \text{ centim.}$$

§ 187.

I perni avranno ancora maggiore stabilità se saranno configurati a T come quello espresso dalla fig. 355.

I perni a pala sono preferibili a quelli a rampino, motivo per cui i primi si vanno piuttosto generalizzando. Essendo di ghisa, sono più duri, perchè ordinariamente la ghisa è più dura del ferro malleato, inoltre stanno più fermi nell'albero. Bisogna però andar cauti nel calzarli, e nello incuinarli, perchè sono soggetti a infrangersi. In questa operazione si adopera un picciol mazzo di legno.

L' Evans (1) è d'opinione che per le ruote pesanti sieno migliori i grossi perni di ghisa colla coda a quattro ali disposte ortogonalmente fra di loro, ossia ad angolo retto, e prolungate fino alla superficie esterna dell'albero. Un effetto eccellente di queste ali, è quello di dissipare più celeremente il calore prodotto dallo sfregamento. Vi sono dei macchinisti, che attraversano l'albero con un'asta di ferro, e fanno servire le estremità di perno (2).

Il Neumann raccomanda di evitare i perni colla testa più lunga di 11 centimetri, giacchè osserva che nei mulini nostrali basta che sieno di 9 a 10, e che d'altronde i perni, quanto più sono lunghi, e più facilmente si riscaldano, ed oltreccìò vi si associano altri particolari vantaggi, dei quali è singolare quello del rapido incavarsi delle bronzine, ogni qualvolta il perno non sia centrato esattamente. Alcuni pratici invece, e tra questi lo stesso Evans testè ricordato (3) sostengono che allungando i perni, e mantenendosi costante la velocità, lo sviluppo di calorico sia minore, o almeno si disperda più facilmente essendo distribuito sovra una più ampia superficie, e quindi presentando maggior contatto all'aria: anzi l' Evans aggiunge di aver veduto in pratica adoperar perni d'ogni lunghezza, dai due centimetri e mezzo, sino alli 25, e tra questi i più lunghi in confronto alla grossezza, impiegati da persone assai esercitate in fatto di mulini, erano quelli effettivamente meno soggetti degli altri a riscaldarsi.

Per evitare il soverchio riscaldamento dei perni, bisogna cercare il mezzo di disperdere il calorico di mano in mano che si sviluppa. A tale effetto si usa far stillare dell'acqua lentamente sul perno, la quale evaporando, asporta con sè il calorico generato. L'acqua però deve essere in quantità moderata per produrre buon effetto, diversamente lava il perno dell'unto, e lo mette a immediato contatto della bronzina, che in tal modo si logora rapidamente.

È poi buona regola al dire di Neumann, che la testa del pernio sia piuttosto generosa che scarsa in grossezza. Prima perchè un poco si logorano anch'essi, poi perchè l'esperienza ci insegna che il perno grosso è più agile, e si conserva più fresco di uno sottile. Per vero dire, ciò sembrar deve alquanto strano, dappoichè, se l'attrito è proporzionale alla pressione prodotta dal peso, e questa si consideri ugualmente distribuita sui due perni, è certo che il momento dell'attrito corrispondente al perno grosso, è maggiore di quello del piccolo: per cui, se si ha per esatta l'esperienza, non deve egualmente essere esatta l'ipotesi della ugua-

(1) Traduz. di Benoît, § 84.

(2) Fabre, *Essai sur la constr. ecc.* § 552.

(3) Op. e l. citato.

gianza di frizione. Probabilmente, ciò è una conseguenza in parte, del più facile riscaldamento dei perni piccoli, per cui anche lo spalmo si dissecca presto, ma sembra dipendere assai più dal grado d'incavatura del pulvino in proporzione al diametro del perno. Il perno piccolo, onde non isfugga dal pulvino, bisogna impostarvelo ben dentro, in confronto alla grossezza sua propria. Per convincersi che una tale circostanza contribuisce molto ad aumentare l'attrito, è ovvio l'osservare in tutti i mulini, che quando si sollalza un perno, il quale sia consunto quasi della metà, resta abbracciato ancora nella impostatura solo per $\frac{1}{4}$, od $\frac{1}{6}$ della sua grossezza. È certo che la grossezza del perno ha i suoi limiti, dopo i quali il momento dell'attrito principia nuovamente a crescere, perchè altrimenti i collari dovrebbero girare ancor più sciolti dei perni grossi, e dovrebbe finalmente esservi una grossezza, in cui l'attrito cesserebbe del tutto, il che è assurdo.

I perni, o cardini inferiori su cui s'aggirano gli alberi verticali, devono essere di ferro battuto. Comunemente si foggiano ad L, e a T, fig. 354 e 355. La cuspidè del perno deve essere acciajata, nel modo che si insegnerà nel seguente Capo, parlando del palo delle macini, indi si dispone sovra un dado convenientemente incassato. Si fanno lunghi per lo più da 15 a 20 centimetri. Non occorre che questi perni sieno grossi come quelli degli alberi orizzontali, cosicchè, quando abbiano 6, od 8 centimetri, anche ne' meccanismi pesanti, è sufficiente. Il Fabre (1) asserisce che con un diametro di 13 millimetri e mezzo, i perni verticali possono reggere ad un peso di 2448 chilogrammi e più: per diminuire poi l'attrito contro la ralla su cui girano, consiglia di figurarli a tronco di cono rovesciato.

I perni superiori è tuttuno che sieno di ferro battuto, o di ghisa. Anche questi, non occorre che sieno grossi come quelli degli alberi in piano, invece è necessario moltissimo che abbiano la testa piuttosto lunga.

I perni semplici con radice a punta, come alle fig. 357 e 358, nei pezzi voluminosi non si adoperano quasi mai: tutt'al più si applicano ad alberi piccoli, come a quelli de' frulloni, cosicchè è ben raro che sieno più grossi di due centimetri e mezzo: inoltre si lavorano a martello.

Per centrare, ossia collocare esattamente concentrico all'albero il perno semplice rappresentato dalla fig. 358 e tenerlo immobile, sogliono taluni applicarvi le due viti laterali che si vedono nella fig. 356. Esse sono lunghe come il raggio dell'albero: i fori che le ricevono, vanno scolpiti in corrispondenza all'occhio del perno che devono serrare.

(1) *Essai sur la constr. ecc.* § 551.

I perni a squadra si applicano conforme è indicato dalla fig. 359. Si incava il collo dell'albero, fig. 360, si introduce il perno, e sopra vi si adatta un pezzo di tavola o tassello α col quale si ritura il taglio: poscia si accerchia con tre anelli che servono a stringere e corroborare il sistema.

Il collo, in cui deve inserirsi il perno, si apparecchia segnando sulla sua fronte col compasso la grossezza del perno, fig. 361; indi si conducono le tangenti $p q$, $r o$, parallela alla linea del piombo, e la $q r$ orizzontale. Sulla superficie curva del collo si tira la linea $m n$, della quale si determina la posizione parallelamente all'asse, unendo fra loro con una retta i due punti della periferia che contermina le teste, che restano intersecati dal prolungamento del filo a piombo, ossia della verticale che passa per il centro delle teste medesime. Prendasi ora $m n$ uguale alla lunghezza del perno; $m s$ ed $m t$ uguali alla metà grossezza della parte posteriore di esso, e condotte le $o s$, $t p$ sarà conterminata la figura dell'intaglio da scolpirsi nel collo.

Nello eseguire l'operazione si porrà tutta l'attenzione onde l'incavo riesca di precisa misura, vale a dire che non sia troppo largo, o troppo stretto. Il foro in cui va incastrata la coda ripiegata del perno sarà scolpito a dirincontro, per evitare che il collo non ischeggi. Alcuni tengono la coda rivolta dalla parte dell'intaglio, e scortano il tassello α , indicato di sopra, quanto basta per far posto alla coda stessa. Questo metodo ha l'inconveniente, che allontanandosi per poco il perno, è soggetto a scappar fuori traendo con sé anche il tassello.

Inserto che si abbia il perno, si inzeppi a dovere, prima di adattarvi il tassello, avvertendo di porre le zeppe colle fibre parallele al perno, ed all'albero. Quelle per stringere la ripiegatura della coda, potranno situarsi anche trasversalmente, rispetto alla direzione del perno. L'inzeppatura va eseguita con molta destrezza, regolandosi ad occhio circa al grado di fermezza del perno, e curando che l'albero non isquarti a voler soverchiamente isforzare le zeppe.

Dopo messo il tassello, si calzano gli anelli a caldo, perchè raffreddandosi si stringano più aderenti al collo. Giova pure tenere il tassello alquanto più largo del bisogno, cosicchè sporga alcun poco; perchè in tal modo gli anelli lo premeranno più strettamente sul perno.

Assistati gli anelli, si rinzeppa il perno anche di fronte, come dimostra la fig. 362, sforzandolo a tutto potere. Quanto più addentro possono spingersi le zeppe, è meglio, giacchè in tal modo il perno riesce fermo e immobile da ogni lato. Nel situare, e conficcare le zeppe, bisogna curare di

non dissestare il perno e trarlo di centro, il che si dovrà frequentemente esplorare, o col compasso, o con sottile funicella avvolta al perno, che si condurrà artificiosamente ogni volta in giro, esaminando se il capo sciolto, lambisca sempre con esattezza il contorno del primo anello, ossia della fronte dell'albero.

Per gli altri perni, detti a pala, l'albero si prepara conforme è tracciato nella fig. 363. Si marca, come abbiamo insegnato per quelli a squadra la grossezza della testa e della pala, e la lunghezza di quest'ultima, sulla fronte e sulla superficie convessa del collo, indi con sega a mano si intaglia seguendo il tracciamento: quel maschio, o lingua che rimane fra i due tagli si esporta collo scarpello. Lo sporto tondeggiato della costola che è in mezzo alla pala, si incava colla sgorbia.

Lo spaccato non sia più grande, che il perno per entrarvi non abbia a provare ancora un certo sforzo; tale però che non minacci la sicurezza dell'albero. Per ispingerlo dentro, si fa uso, come abbiamo già avvertito nell'antecedente paragrafo, di un mezzuolo di legno.

Dopo che il perno è innestato, si applicano sui fianchi della pala delle asticine di ferro, fig. 364, le quali devono essere grosse quanto manca dal fianco della pala a raggiungere la superficie convessa del collo, e larghe al pari della grossezza della pala; di modo che riempiano esattamente il vano fra gli anelli, ed i fianchi della pala stessa. Si avverte che qui pure gli anelli devono calzarsi a caldo.

Le mentovate asticine sieno di ferro battuto, perchè la ghisa s'infrange facilmente. Per questa medesima ragione, la pala non si faccia larga tutta la grossezza del collo. Alle asticine di ferro, possono sostituirsi dei regoletti di legno di rovere; le prime però sono preferibili. Se la pala è notabilmente più stretta della larghezza del collo, tra i fianchi di quest'ultima e le asticine di ferro, si possono incassare anche i regoletti di legno, nel qual caso le prime basterà che abbiano uno spessore di 12 millimetri.

I perni tanto dell'una che dell'altra foggia, si collocano in modo che riescano come suol dirsi a squadra, cioè in modo che quella parte che da un lato riesce in piano, dall'altro sia verticale, onde le parti indebolite dell'albero, non si corrispondano. Alla fig. 29 vi è un modello di questa regola.

Gli anelli si fabbricano con lama di ferro, detta volgarmente *regia* nelle ferriere Lombarde, ribadita e ferruminata; devono essere bene calibrati, onde stringano a dovere senza che si abbia bisogno d'imbiettarli. Potranno essere grossi da 9 a 12 millimetri, e larghi 5 od 8 centimetri, proporzionatamente alla grossezza dell'albero. L'anello di testa, si fa comunemente 6 millimetri

più grosso e 12 più largo degli altri. Negli alberi piccoli possono bastare due anelli.

Nelle opere interne dei mulini, si fa uso anche della colla di farina di cui abbiamo pur fatto cenno al § 150, per ispalmare i perni e le biette all'intento di ottenere un più saldo ed intimo costringimento: i perni delle opere esterne, soggette all'umido, si infilano asciutti.

§ 189.

Invece dei perni per girare un albero possono adoperarsi *viere*, o *collari*, fig. 365. Sono indicati segnatamente laddove l'albero non possa poggiare sulle estremità, come succede de' caproni de' mulini a vento, o quando la testa di un albero sia destinata a portare una ruota. Istessamente si applicano agli alberi usuali, quando non vi sia spazio, o comodità per situare il punto d'appoggio di un perno ordinario. Questi casi non si danno così frequentemente nei nostri mulini terragni, purchè sieno bene architettati, e tutt'al più si incontrano ne' mulini da fiume, o in quegli apparati mobili verticalmente. Quivi pertanto non sarebbe luogo da parlarne, se non fosse che i medesimi possono tornare opportuni ogni qual volta si voglia adottare il sistema di rafforzare gli alberi di qualche lunghezza con uno, o due pulvini intermedi, nel qual caso si rendono indispensabili le *viere*, o *collari*.

L'albero che vuole armarsi di collari, si adagia sovra un pulvino, dopo avervi intagliato un perno da un capo nel legno stesso, o di averne appuntato uno provvisionalmente: in seguito si determina la posizione del collare e si segna tutto all'intorno, o colla squadra, se l'albero è ottagonolare, o girando l'albero stesso sul proprio asse, se è cilindrico, o moltilatero, e tenendovi intanto a contatto la punta immobile di una matita. Ciò fatto, s'intaglia in abbozzo l'imposta del collare quindi si fa girar l'albero e si osserva, strisciando con carbone o creta, quali parti siano tuttavia da levare, e vi si adopera a tale uso lo scarpello: l'operazione si ripete fintanto che l'imposta sia ridotta precisamente cilindrica. Alcuni si servono di altri ferri da spianare e lisciare, oppure della pialla, ma rare volte e a gran fatica riescono a rotondare l'albero, come col metodo insegnato, perchè girar deve troppo lentamente.

Per gli alberi con perni alle teste, ai quali voglia pure adattarsi un collare, o due per sostenerli nelle parti intermedie, invece del perno provvisorio che abbiamo indicato superiormente di apporvi, si supplisce coi perni stessi dell'albero destinati a rimanervi stabilmente, cominciando da questi l'armatura dell'albero stesso.

Formata l'imposta, s'introducono i regoletti di ferro. Le imposte loro sono misurate precisamente colla grossezza del collare, di modo che l'esteriore superficie del ferro e del legno riescono al pari. Nel mentre che si assestano i regoletti, si faccia girar l'albero, e si osservi se l'imposta sia perfettamente circolare. Questo è ciò che dicesi comunemente *rettificare*, o *calibrare*.

I regoletti sieno altresì appuntati agli spigoli con chiodi nascosti e stretti con viere a cerniera dalle bande. Ordinariamente i regoletti si fanno larghi 5, o 6 centimetri, grossi 10, o 12, e si tengono discosti l'uno dall'altro 2 centimetri e mezzo ai tre e mezzo.

Agli alberi con collari alle estremità, si possono applicare viere saldate, invece di quelle a cerniera, chiuse a stanghetta.

Il collare non occorre assottigliarlo molto, giacchè, sebbene per tal modo venga scemato alquanto lo sfregamento, d'altra parte l'albero viene ad essere molto indebolito. L'essenziale, è che il collo sia perfettamente cilindrico: negli alberi multilateri, si incava a segno che l'esterna superficie delle viere, riesca a fiore con quella dell'albero. I collari sostituiti ai perni all'estremo degli alberi, si possono tenere più sottili, e grossi circa la metà degli alberi stessi.

I collari si mettono a girare sopra pulvini di dura e ben granita pietra, come sarebbe l'arenaria d'impasto finissimo e assai compatta, la così detta piombaggine e simili, perchè i pulvini metallici delle dimensioni opportune, sono troppo dispendiosi.

Gli alberi che oltre l'essere retti da perni agli estremi, hanno appoggi intermedj, meritano singolare attenzione. I perni devono essere centrati con tutta la precisione e deve porsi ogni studio onde l'albero nel mezzo non stia troppo sollevato, per cui di mano in mano che i cuscinetti laterali si rodono, bisognerà calare abbasso proporzionalmente anche l'intermedio. Per questo è meglio assestar prima l'albero sui soli perni estremi, indi se gli adatta per di sotto alla misura opportuna il pulvino intermedio. Quand'anche l'albero non vi si poggi sopra stabilmente, resta ciò non ostante preservato dalle oscillazioni. Del resto, si ha il comodo di situare il pulvino intermedio sulle sponde della doccia a contatto del fabbricato senza bisogno di erigere un'intelajatura appositamente, giacchè gli alberi lunghi occorrono appunto per le sole docce lontane dal fabbricato.

Quando si possa evitarli del tutto gli alberi molto lunghi, allora è meglio, giacchè ordinariamente consimili disposizioni sono a riguardarsi come difettose, salvo poche eccezioni, e salvo il caso di dover trasmettere l'azione della forza motrice a distanza rilevante, come occorre per esempio nei

filatoj, ed altri macchinismi somiglienti: in questo caso poi necessitano anche altri artifizj onde prolungare all' uopo gli alberi: dei quali artificj, sebbene difficilissimo possa essere il caso di usarne nei mulini da grano, pure daremo qualche nozione in seguito, la quale potrà riescire ugualmente utile a quegli ingegneri che fanno professione particolare di consimili rami della meccanica industriale.

§ 190.

Siccome i pulvini o cuscinetti il più delle volte sono di legno, e quindi bisogna rinnovarli frequenti volte, e quelli di metallo si fanno ordinariamente piccoli, perciò e gli uni e gli altri si incastrano in un sostegno più grande, a cui si dà il nome di *calastrello*, o *sedile*, o *cantiere*, e non deve confondersi col pulvino. Se si pone tra l'unione, o lo spaecato di due ritti, assume la denominazione di *sella*, o *cavalletto*.

La fig. 336 esprime uno de' comuni calastrelli colla annessa armatura; *a* è il calastrello propriamente detto; *b* il pulvino impostatovi; *c* le traverse che lo reggono; *d* i dormienti, ed *e* le biette colle quali i calastrelli sono non solamente assicurati, ma possono ad un bisogno essere spinti piuttosto verso una parte che verso l'altra.

Nei mulini occorre principalmente che i calastrelli sieno movibili da tutti i lati, giacchè i pulvini si logorano, i perni secondo la qualità del legno con cui sono fatti i pulvini, non poggiano sempre sulla metà dei calastrelli, e le ruote a corona devono anch'esse accostarsi più o meno al rocchetto, mentre quest'ultimo resta immobile.

È necessario ancora che il perno, ed il pulvino riescano in mezzo al calastrello, altrimenti quest'ultimo strabalza. Per siffatta ragione il calastrello deve essere incavato tanto da poter abbracciare il collo dell'albero, per circa un decimetro. Il raggio dell'incavatura sia lungo quanto basti, perchè anche abbassandosi il pulvino, l'anello anteriore del collo non isfregghi. Nei disegni e nei modelli il calastrello si trova disposto come è rappresentato dalla fig. 339, dove basta un'occhiata per rilevare che una tale struttura deve essere perniziosa in pratica. Poca cura egualmente vedesi adoperata relativamente alla mobilità dei calastrelli.

Questi calastrelli d'ordinario sono lunghi met. 1,50, a sezione quadrata, di tre a quattro decimetri e mezzo di lato. L'incavatura pocanzi memorata è un terzo all'incirca della grossezza totale. I tagli con cui si uniscono alle traverse, sono profondati da 8 a 10 centimetri. L'imposta nella quale è posata la bronzina è larga 8, o 10 centimetri, e lunga 20, ed è legger-

mente conformata a coda di rondine. Se il calastrello riesce troppo vicino a terra, cosicchè le traverse sporgano, come si vede nell'alzata sulla *DE* si pratica alle teste del calastrello un incavo, fig. 336, *E*, nel quale si può calzare il piede del picoone, o la testa del martinetto, per rialzare il calastrello stesso.

Le traverse possono collocarsi alla distanza netta di 90 centimetri. Ordinariamente si congiungono a coda di rondine coi dormienti. Se vi è doccia, la quale non sia stragrande, il cappello delle sponde fa le veci del dormiente: e mancando per caso il cappello, allora le traverse non bisogna intaccarle solamente ai pali, come si pratica bene spesso, perchè altrimenti si squarcierebbero col mezzo delle biette. È sempre necessario prima di tutto di applicare un corrente sulla testa de' pali. Se nel mulino si fa uso di consimile calastrello, cosa assai comune in molti luoghi, verso la cava della ruota a corona, d'ordinario l'intelajatura basamentale del palco del mulino serve in pari tempo di dormiente alle traverse: dall'altro lato però bisogna stabilire un dormiente apposito sui pali, o sovra un'armatura speciale.

In altri luoghi, e segnatamente quando il macchinismo è a doppio ingranaggio, il calastrello anteriore del pulvino del secondo albero si appoggia solamente sulle travi dell'intelajatura fondale del palco e si assicura saldamente con biette tra i ritti e le candele (§ 18). È però sempre lodevole il partito di collocare sopra traverse i calastrelli degli alberi pesanti.

Occorrendo di dover elevare alcun poco i calastrelli, fig. 336 e 337, si spingono dei sottili pezzi di assicelle fra le traverse e il calastrello. Con questo espediente, si vede tosto, che inserendo un'assicella di un centimetro da un capo, si solleva l'albero della metà, cosicchè in tal modo si possono procacciare quelle minime variazioni che saranno per occorrere in pratica.

Quando una ruota muove due palmenti, col mezzo di una combinazione di ruote dentate ad alberi orizzontali, nasce tante volte il bisogno di dovere arrestare il movimento di uno, mentre l'altro continua a lavorare, la qual cosa si ottiene liberando lo scudo dalla relativa lanterna. I calastrelli posteriori degli alberi d'ingranaggio, devono perciò avere attitudine a muoversi con maggiore ampiezza e più facilmente di quelli delle ruote maestre.

Tra le diverse specie di calastrelli di tal fatta, meritano per la loro semplicità, di essere rammentati specialmente quelli a morra. Uno di essi è delineato nella fig. 340, e consiste in un pezzo di legno grosso da 30 a 35 centimetri in quadro, e lungo met. 1. 90 a met. 2. 15 il quale dall'un dei capi è foggiato a morra. Sulle due ganasce della morra sono applicati tre bi-

scheri *a*. Il pulvino è collocato col solito sistema. Siccome il calastrello è appoggiato sui traversoni di dietro del palco del mulino, o sopra un apposito corrente, perciò in quest'ultimo è scolpito un incavo in cui punta la stanga *b*. La sua manovra è facile a concepirsi: spingendo la stanga, la caviglia che vi è infilata, contrasta coi denti, ed obbliga il calastrello a venire avanti: volendo poi cacciarlo ulteriormente, si leva la stanga e si mette fra i due denti successivi. Questo ordigno è frequente nei mulini da fiume.

I calastrelli che devono alzarsi, o calarsi notabilmente si dispongono il più delle volte nel modo indicato dalla fig. 338, *a a* sono due ritti traforati; *b* il calastrello, che in tal caso prende il nome di *sella*, o *cavalletto*, come si è avvertito in principio del paragrafo. Di questi calastrelli si fa uso segnatamente nei così detti mulini pensili (§ 6), nelle gualchiere, brillatoj e simili.

§ 191.

I pulvini si fanno generalmente con legno di faggio, e si scelgono a tale uopo le parti più sane, fibrose e compatte.

La struttura dei pulvini di legno, e il modo di incastrarli, è chiaramente espresso nelle figure dell'antecedente paragrafo, perciò basterà notare, che la loro direzione deve essere tale che il perno posi trasversalmente all'andamento delle fibre, come abbiamo procurato di rappresentare colla fig. 366, altrimenti il pulvino si incaverà assai rapidamente e difformemente.

I perni non bisogna lasciarli insinuarsi molto nei pulvini, se no si aumenta notabilmente l'attrito, come abbiamo osservato al § 185. Perciò, allorchè il pulvino sia consunto alla misura circa che è indicata dalla fig. 367, lo si scapezzerà conforme è tracciato colle punteggiate della fig. 368. Se il perno è usato e quindi ben levigato, e perfettamente cilindrico, basterà che l'imposta del pulvino abbia la freccia di un centimetro, o poco più.

I perni nuovi ordinariamente sono ruvidi, e non sempre calibrati a perfetto cilindro, cosicchè intaccano d'assai i pulvini, ed esigono particolari avvertenze. Questo succede lentamente, quando il pulvino sia di legno levigato: di tempo in tempo lo si sparge con qualche poco di sabbia fina ed aspra, e quindi strofinandosi insieme, non solo si lisciano, ma incorporandosi coll'untume, rendono anche il pulvino più compatto e resistente. All'esterno del mulino, invece della sabbia si può adoperare del vetro polverizzato: al di dentro non sarebbe prudenza, perchè se ne potrebbe mischiare facilmente qualche parte colle spazzature e colla mondiglia che suol darsi per nutrimento singolarmente ai majali.

Il grasso con cui si spalmano i pernì per renderli lubrifici e più correvoli, ossia per diminuire l'attrito, sembra che operi in tre maniere, cioè: 1.° Riempiendo colle sue molecole i pori del pulvino e del pernio, per cui le superficie a contatto diventano più lisce e più compatte. 2.° Facendo l'ufficio dei cilindri frapposti alle superficie strofinanti. 3.° Distruggendo la coesione che avrebbe luogo tra le facce a contatto. Per gli alberi verticali si preferisce l'olio; per i pernì usuali il sego, e poi denti delle ruote ingrananti il nero di piombo mescolato col sego; questa composizione dà loro un lustro che si mantiene lungamente.

L'*anti-frizione* tanto decantata, a cui gli Inglesi accordarono il merito di una patente, si forma mescolando una parte di piombaggine (*percarburo di ferro*) con quattro di sugna, o d'altra grascia analoga.

L'uso di questo composto è buono per tutte le parti confricanti delle macchine pesanti, tanto di legno che di metallo.

I pulvini metallici nei mulini da grano non sono per anco molto usati, perchè in generale sono troppo cari; per altro, siccome i pernì durano maggiormente, così la maggior spesa si trova compensata lautamente. Il pulvino delineato nella fig. 369 si raccomanda come assai opportuno e in certo modo economico. Esso è posto in una cassetta di ferro, la quale ha il doppio ufficio di tenerlo fermo, e di raccogliere l'unto di cui si spalma. *A* è la pianta della cassetta col pulvino; *B* l'alzato di fianco; *C* il profilo longitudinale, e *D* lo spaccato trasversale; *E* è il pulvino disegnato a parte.

Il pulvino viene assicurato nella cassetta con cunei di ferro battuto, di mezzo ai quali si inseriscono delle piastrine, o laminette metalliche. Il piombo non è adattato, perchè è troppo molle, e perchè si fonde ogni qual volta il perno si riscalda molto. Le sue dimensioni sono regolate in proporzione di quelle del perno, in quel modo che queste dipendono da quelle dell'albero: è ben vero che la testa del perno con questi pulvini si tiene corta più che sia possibile, cercando di non oltrepassare la lunghezza di 8, o 9 centimetri. Per un perno lungo 9 centimetri e grosso dieci, il pulvino dovrebbe farsi lungo 14, o 15 centimetri, largo 8, ed alto 9. Sulle due facce più lunghe vi è un'impostatura di 6, e 9 millimetri, cosicchè quando il pulvino da una parte è consunto, si rivolta dall'altra.

La cassetta è lunga 20 centimetri di netto, larga 10, ed alta 12. Può essere di ferro battuto, o di ghisa. Se è di ghisa, le pareti ed il fondo avranno lo spessore di 12 ai 15 millimetri; la parete anteriore però basta che sia di 6. Le sue alette, od orecchie posteriori, le quali possono essere

lunghe fino ad 8 centimetri, servono a tener ferma la cassetta sul calastrello. L'apertura anteriore è lunga 12 centimetri, ed alta 9. Se la cassetta sarà fatta di ferro battuto, le dimensioni potranno essere scemate di tre millimetri.

Nei mulini non si danno perni posati sopra pulvini metallici che sorpassino la lunghezza di 10 centimetri. Nella maggior parte de' casi basta che la testa abbia il diametro e la lunghezza di 8 centimetri.

Un pulvino per un perno delle dimensioni testè indicate, dovrà farsi lungo da 11 a 12 centimetri, largo 6 ed alto 8. Le impostature sarebbero incavate sei millimetri al più. La cassetta dovrebbe essere lunga 18 millimetri di netto, larga 9, ed alta 10. L'apertura anteriore riescirebbe larga 10 centimetri, ed alta 8.

Sebbene i pulvini di legno a paragone dei metallici costino poco, o nulla, pure siccome bisogna rinnovarli troppo spesso, consumano maggiore quantità di grasso, si riscaldano di più, i perni traballano ad ogni poco, gli alberi soffrono ad essere rinzeppati ripetutamente, l'attrito è più forte, ecc.; così dal complesso di queste ed altre considerazioni somiglianti, risulta che il vantaggio dei pulvini metallici compensa ad usura le maggiori spese.

Siccome è pregiudicevole, come si è ripetuto più volte, a lasciare che il perno s'intorni troppo nel pulvino, così, quando questo sia incavato 3 centimetri tutt'al più, si capovolge nella cassetta, come è dimostrato dalla fig. 370. Ad impedire poi che s'infranga, si insinua nella vecchia incavatura un pezzo di legno duro *a*.

Abbiamo detto di sopra che nei pulvini nuovi non si ha bisogno di fare l'impostatura più incavata di 6 a 9 millimetri. Se il perno è piccolo, bastano tre millimetri, giacchè gira più libero quanto meno è incassato nel pulvino. Siccome però sulle prime, dinanzi che il perno si usi alcun poco, è facilissimo che salti fuori dell'impostatura se gli applica a' fianchi un interinale ritegno di ferro, il quale però non deve sfregare contro il perno, fuorchè nel caso che questo si smuova: il ritegno poi si toglie quando il perno si abbia incavata l'impostatura, tanto che basti.

§ 192.

I pulvini non solo dovrebbero farsi poco incavati, ma vogliono essere eziandio sempre larghi abbastanza che il perno non riesca compresso sui lati, altrimenti l'attrito sarebbe aumentato. Il contatto del perno col pulvino deve sempre risultare in piano. A tale intento fu proposto di sotto-

porre al perno soltanto un dado metallico, e di applicare dalla parte opposta alla direzione del movimento, una ruota di sfregamento (fig. 392). Servendosi di un pulvino, a forma di dado, quando sia logorato da una parte, può rivolgersi da un'altra, ed essere adoperato di mano in mano su ciascuna delle sei facce che lo costituiscono. Serve a diminuire l'attrito anche l'altro notorio apparato, costituito da una ruota di sfregamento sulla quale si colloca il perno, e di altre più piccole applicate ai lati, le quali gli impediscono di trascorrere da nessuna parte.

I pulvini rappresentati dalla fig. 377 fino alla 397 sono tutti o di ghisa, o di ottone. Il pulvino fig. 377 può essere assicurato con viti al sedile di legno, o di pietra che lo sostiene: somiglia nella forma a quelli usati comunemente nei carri delle strade di ferro, colla sola diversità che quivi l'asse, o la sala della ruota, è tenuta in posto da una caviglia. Alla fig. 378 si vede l'alzata anteriore, e la pianta di un pulvino chiuso sul davanti da una parete verticale *b*. Dentro vi è innestata una scodelletta *c* di ottone, ed il pulvino è incassato nel legno fino alla linea *mn*. La boccola, o scodelletta non può muoversi, essendone impedita dalla costola *a* del pulvino, colla quale si connette. La fig. 379 esprime il fianco e la pianta di un pulvino, colla boccola *cc* delineata a parte, e munita di orecchiette che la tengono immobile.

I pulvini dalla fig. 376 alla fig. 379 sono *aperti*, e si impiegano laddove gli alberi sono mantenuti al posto dal peso loro incumbente. Si danno però molti casi nei quali bisogna far uso di pulvini *chiusi*, massimamente quando la forza spinge all'insù, cosicchè l'albero possa essere sollevato, e per gli alberi in piedi.

La fig. 374 rappresenta una boccola di metallo, incassata nel legno, la quale non può girare per l'ostacolo che gli oppongono le costole *a* e *b*. La fig. 375 è una consimile boccola con una appendice *mn* la quale porta scolpita una finestrella rettangolare *b*. Questa appendice, coll'annesso pulvino, viene assicurata al sottoposto cantiere di legno, o di metallo, col mezzo di una caviglia a vite, che si imbocca nella finestrella *b*. L'appendice *mn* può anche prolungarsi dalle due parti; ciò rende sempre più fermo e sicuro il pulvino.

La boccola, fig. 380, in due pezzi uguali, per la sua forma semplice può essere fatta di ferro battuto: la metà di sotto si incastra nel legno. I due pezzi poi si uniscono tra loro e si collegano stabilmente al cantiere con due caviglie a vite. Al disopra in *b* si lascia un forellino per iniettarvi l'olio. La fig. 381 è un pulvino consimile colle guance *aa* del pezzo superiore di ghisa, che gli impediscono di smuoversi. Le caviglie hanno un or-

letto in *b*, col quale si appoggiano sulla parte inferiore del pulvino: colle rosette *c, c* e con altre consimili applicate alla punta opposta, si stringono le caviglie contro il sedile che porta il pulvino.

I pulvini dalla fig. 382 alla 391 sono costituiti da particolari intelajature, in cui sono inserite le boccole; le intelajature, sono fissate con viti ai sostegni sottoposti. La struttura di questi pulvini è chiaramente espressa dalle relative figure; in pratica si potrà scegliere quella combinazione che si crederà la più opportuna e conforme alle circostanze. Le viti che collegano i due pezzi della boccola, attraversano ordinariamente le incavature *aa* che si lasciano a bell'apposta nell'intelajatura di ghisa, fig. 382: così si possono rinnovare con facilità allorchè sieno guaste. Nei pulvini, fig. 383, 384 e 385, però le viti sono fuse coll'intelajatura. La fig. 386 presenta l'alzata, il fianco e la pianta di un pulvino, nel quale le viti che congiungono il pezzo superiore, sono innestate lateralmente, come si vede in *c*. In tal modo è dato di poter cambiare le caviglie quando occorre, senza alzare il pulvino, cosa assai incomoda quando l'albero sia molto pesante, come sono per esempio quelli dei volanti delle macchine a vapore. Il pulvino fig. 384 è di ferro battuto.

La fig. 387 è il fianco, ed il prospetto di un pulvino che può essere situato in posizione verticale *c, c*.

Se l'albero è alquanto sollevato da terra, o distante comunque da sostegni sottoposti, si possono adoperare i pulvini, fig. 388 e 390, i quali sono di ghisa, e accostolati perchè abbiano maggiore robustezza, senz'essere perciò troppo pesanti. Il pulvino 391 dimostrato in pianta, alzata e fianco, è adattato a ricevere il perno di un albero che faccia capo ad una parete, o ad una colonna.

Per un albero situato a poca distanza dal palco di una stanza, può valere il pulvino fig. 389, dove *a* rappresenta un'accostolatura fusa col pezzo per dargli consistenza. Si attacca al palco colle caviglie a vite ivi indicate.

Se un albero verticale invece di girare sulle estremità, deve essere mantenuto fermo in un punto qualunque della sua lunghezza, servirà il pulvino espresso colla fig. 393. La sua struttura appare dal disegno: è fatto in quattro pezzi staccati, i quali di mano in mano che si logorano, si possono stringere e riavvicinare quanto basta, col mezzo delle viti che vi sono unite.

La fig. 394 rappresenta una ralla con quattro viti, per forzarla e calibrarla quando occorre.

La fig. 395, è anch'essa una ralla colla sua custodia incassata nel sedile di legno *AB*, e tenuta ferma al suo posto da quattro biette *aa, bb, cc, dd*. L'unito spaccato esprime con precisione la sua struttura.

La ralla fig. 396 può essere assicurata al sostegno sottoposto con viti, che passano pei fori scolpiti nelle falde laterali *a*, *b* unite in continuazione al fondo della cassetta.

La fig. 397, per ultimo rappresenta il pulvino superiore, ovvero sia il *collare*, o lo *spreggio* di un albero verticale *M*, che termina contro la travè *N*. La pianta *O*, ed il prospetto *P* di questo pulvino, rappresentano chiaramente la sua costruzione, ed il modo di assicurarlo con caviglie a vite.

§ 193.

Può abbisognare all'ingegnere meccanico, se non nei mulini da grano, certamente in altri stabilimenti analoghi, e per esempio nei filatoj, di dover trasmettere l'impulso dell'organo ricevitore ad una distanza piuttosto considerevole, nel qual caso non è tanto facile supplirvi con un albero, o con un'asta tutta d'un pezzo. Viene quindi il bisogno di doverne collegare due o tre insieme. Crediamo opportuno per questo di far conoscere i più facili e semplici artifizj finora ideati e messi in pratica in simili occorrenze segnatamente dagli Inglesi. I metodi più stimati per eseguire questi collegamenti che possono chiamarsi anche *nodi*, *giunture*, *articolazioni*, o *copule* (*couplings*) sono stati descritti la prima volta col necessario sviluppo da Buchanan, e in seguito comparvero ne' fogli Berlinesi raccolti sulla tavola 77. Noi seguiremo l'esposizione che ne fa il Gerstner nel più volte citato suo manuale di meccanica. Queste giunture sono ripartibili in due classi: la prima comprende quelle a due pulvini (*bearings*) dove l'albero è disposto in modo che ciascun pezzo resta sostenuto con collare alle due estremità: nell'altra si considerano le articolazioni ad un solo pulvino, cioè coi pezzi portati da un solo collare. Nella tav. XXXI vedonsi disegnate e distribuite ordinatamente le diverse accennate qualità di copule con uno e con due pulvini.

Le più usitate delle copule a due pulvini sono:

La *copula quadrata* (*Square Coupling*), ossia la giuntura con guarnizione a boccola, o scatola, od a manichino di sezione quadrata, espressa colla fig. 398 in pianta, ed in ispaccato di traverso, e per il lungo. Per effettuare la giuntura, si lavorano in quadro le teste degli alberi, o delle aste da collegare, e si chiudono entrambe in una scatola di ferro (*coupling box*) *mnp* la quale da un lato viene saldamente fermata all'albero colle caviglie a vite *g h*. Gli alberi sono torniti in *a* ed in *b*, dove girano sui rispettivi pulvini. È manifesto che muovendosi un albero in giro, lo stesso moto verrà comunicato dalla scatola *mnp* al suo aderente: l'uno però potrà

moversi indipendentemente dall'altro, ogni qual volta si tolga il perno *g h* e si respinga la scatola da *o* verso *a*.

Le giunture si fanno anche a sezione parallelogrammica, ma sono più difficili da eseguire. Così le scatole possono essere in due pezzi, come è indicato alla fig. 399, stretti da quattro viti, le quali poi si allentano allora quando si voglia smuovere la scatola stessa. Questi due metodi di congiunzione richiedono che gli assi di tutti gli alberi da innestare insieme, costituiscano una sola retta, e le scatole parimenti devono essere calibrate precisamente colle sezioni quadrate delle teste degli alberi. Le accennate due condizioni però sono assai difficili ad essere conseguite, perchè i pulvini anche negli alberi nuovi si logorano variamente, ed i sostegni a cui sono assicurati, si abbassano più da un lato che dall'altro, cosicchè succede che qualcuno degli alberi innestati si sollevi dal pulvino, e venga alterata l'uniformità dei movimenti. Per questi motivi siffatte giunture si impiegano rare volte nei macchinismi grandiosi, ma sono però sempre applicabili utilmente all'unione di piccole aste, come quelle dei filatoj, e dove si richiedono lavori di tutta precisione.

La *copula rotonda*, o cilindrica (*Round coupling*) è rappresentata dalla fig. 400 e consiste, come la quadrata, in una scatola forata in tondo, nella quale si calzano le teste degli alberi torniti in forma di cilindro. La scatola sta ferma al suo posto con due caviglie a vite messe a squadra tra di loro, ciascuna delle quali attraversa distintamente un albero. Questa giuntura si lavora più facilmente della quadrata, ma dovendo tutta la tensione, e cioè la pressione essere sostenuta da caviglie proporzionalmente deboli in poco tempo si logorano, e le caviglie e i fori, e svanisce l'esattezza originaria: ecco perchè queste giunture che furono provate ne' filatoj, vennero poi subito abbandonate, e si fece ritorno di bel nuovo alle quadrate, nelle quali la pressione è distribuita sopra una superficie più estesa.

§ 194.

Le copule senza scatola, od altra consimile guarnizione diconsi *copule a grappa* (*Clutches or glands*). Una di queste giunture è indicata in fianco e spaccato dalla fig. 401. All'un capo dell'albero vi è una croce, o stampella *a a*: l'altro albero invece porta un'inforcatura *b b*. Girando, i rebbj della forcilla *b b* afferrano la stampella *a a*, ed obbligano l'altro albero a volgersi insieme. Queste aggraffature sono opportunissime per collegare due alberi a doppio pulvino, e sono preferibili alle articolazioni quadrate, perchè il punto d'attacco è più lontano dall'asse. La loro

esecuzione però esige molta diligenza, perchè non si tratta solo di combinare saldamente tra loro le due braccia, ma bisogna anche ottenere che gli alberi cogli assi rispettivi sieno posti precisamente in una medesima retta.

Una seconda qualità di grappe è rappresentata dalla fig. 402. Alle teste dell'albero vi è saldato un piatto di ghisa ab, cd . I due piatti sono uguali nella forma e nelle dimensioni, ed hanno un intaglio mnp , ed un dente, o risalto A che corrisponde a quell'intaglio, cosicchè il dente di un disco si adatta precisamente all'intaglio dell'altro, e resta in tal modo effettuato il collegamento dei due alberi. Questa specie di giuntura è semplice e durevole: nel costruirla, insieme alle parti cilindriche ee pei pulvini, si torneranno le teste degli alberi a modo di perno, per innestarvi il piatto di ghisa. Si baderà poi che i due piatti combacino esattamente.

Una giuntura a doppia scatola è quella disegnata nella fig. 403. Quivi le teste degli alberi sono pure disposte a taglio quadro, e calzano nelle due scatole A e B , ciascuna delle quali è munita di un fondo indicato dal profilo longitudinale. Nelle parti esterne dei fondi vi è un'incisura oblunga, ossia una fessura nella quale si pone la stanghetta, o bolzone ab , il quale è tenuto fermo da una parte dalla capocchia a , e dall'altra dalla rosetta b col suo acciarino. Questa giuntura è congegnata come le quadrate delle quali si è parlato di sopra, ed ha gli stessi inconvenienti.

La *copula a gruppo*, od *articolata* (*coupling-link*) adoperata da *Boulton* e *Watt* nelle macchine a vapore portatili, è rappresentata dalla fig. 404. Al braccio A del volante dell'albero B , si trova un grosso caviglione di ferro, o perno a , e all'estremo del secondo albero C che deve collegarsi al primo, il braccio, o ginocchio bd è applicato invariabilmente, e porta similmente un altro caviglione, o perno c . I due caviglioni a e c sono uniti coll'asta, o snodatura ae cosicchè l'albero c gira in un coll'albero del volante. Questa unione è semplicissima e durevole; ed ha il vantaggio che il movimento degli alberi collegati segue sempre uniformemente, purchè gli alberi B e C si conservino paralleli: che poi l'un di essi si alzi, o si abbassi, o penda più da un lato che dall'altro, non fa difetto alcuno. In tutti questi casi si muove durante la rivoluzione l'asta ae , senza che l'albero, od il perno provino torsione di sorta.

L'unione di due alberi si può effettuare anche con un disco inserito fra gli alberi, come si rileva dalla fig. 405. L'ortografia di questo disco dimostra che da una parte è munito di una costola ab , ed una simile cd ve n'ha dalla parte opposta, marcata con punteggiato. Le teste dei due alberi, che hanno lo stesso diametro del disco, sono intagliate a precisa misura delle suddette costole.

Finalmente la fig. 406 rappresenta la così detta *copula*, o *giuntura universale* (*universal joint*) ideata in Inghilterra dal dottor Hook la quale può sostituirsi alle ruote coniche, ed essere adoperata quando gli alberi da collegare non sono in linea retta. Dall'elevazione di fianco di questa giuntura si conosce che le teste degli alberi hanno una configurazione forcuta *a a*, *b b*, e che le estremità delle forchette *a a*, e *b b* sono forate, per ricevere un pezzo mobile *mnp* munito di quattro perni, ed innestato in modo, che due dei perni entrano nella forchetta del primo albero, e gli altri due in quella dell'altro. I pulvini degli alberi *B* e *C* sono situati in *d* ed *e*: uno di questi però può essere considerato come superfluo, poichè uno degli alberi è già retto dalla giuntura. Nel caso di dover trasmettere un movimento angolare, la giuntura universale può essere applicata con molto vantaggio: per altro, se la tensione degli alberi è rilevante, bisognerà fare la giuntura assai robusta perchè vi possa resistere convenientemente.

§ 195.

Le giunture della seconda specie sono quelle nelle quali ciascun albero è sostenuto da un solo perno, o collare, e conseguentemente da un solo pulvino.

Nelle giunture già descritte si possono risparmiare i sostegni dall'uno dei lati, qualunque volta le scatole sieno lunghe abbastanza, e imbocchino esattamente le teste degli alberi da collegare. Le diverse altre strutture più pregiate di questo genere, sono raccolte e figurate sul rimanente della tavola citata.

Nella giuntura fig. 407 la testa *a* dell'albero *A* è conformata in modo che entra ad esatto combaciamento in una cavità dell'altro albero *B* con cui deve collegarsi. Questa cavità può essere quadra, o tonda come dimostrano gli spaccati.

La giuntura rappresentata colla fig. 408 nella testa più robusta dell'albero *B* porta una prominenza *m n* foggia a semicilindro, la quale corrisponde a capello colla cavità *o p* dell'albero *A*, indicata con linee punteggiate. L'elevazione del fianco indica gli alberi uniti; nello spaccato longitudinale si vedono separati: si scorge manifestamente che questa giuntura, e la precedente richiedono un solo pulvino per ogni albero.

Nelle giunture con *indentatura a quadrante*, fig. 409, gli alberi più robusti sono intagliati a croce, e devono combaciarsi a perfezione. Lo spaccato della figura mostra le due sporgenze di un albero, le quali devono adattarsi ai corrispondenti incavi dell'altro; l'alzato di fianco rappresenta gli alberi congiunti, e il prospetto sulla lunghezza, fa vedere gli alberi stessi distaccati.

Nella giuntura fig. 410 vi sono due scatole, ciascuna delle quali come lo indicano gli spaccati, è munita di quattro denti *a a a a* sporgenti e di altrettante cavità destinate ad afferrarsi reciprocamente. Le scatole sono perforate nel centro, per poterle applicare alle teste cilindriche degli alberi *B* e *C*, e per trattenervele stabilmente, vi sono delle fessure, come quella *m n* visibile nello spaccato longitudinale, aperte metà nella testa dell'albero e metà nelle scatole, con cui mediante il perno *o*, disegnato nello spaccato trasversale, si opera la congiunzione coll'albero *B*. Ugualmente si collega l'albero *C* alla sua scatola con un secondo perno che non si vede in disegno.

Gli alberi si possono congiungere anche con scatole quadrate, o prismatiche come quella della fig. 411. In tal caso si riquadrano le teste degli alberi *B* e *C* da unire, lasciando loro rispettivamente anche i perni *a* e *c*. Questi perni imboccano con precisione un foro tondo incavato nel diaframma *m n* della scatola; ciò rende più stabili gli alberi. La copiglia a vite *g h* impedisce che la scatola possa smuoversi.

Gli alberi di legno si collegano con perni così detti a *copula*, fig. 412, i quali consistono in due perni a foglia, od a scatola *B* e *C* che si inseriscono nel legno, si rinforzano con viere di ferro, e per fermarli più saldamente si trapassano anche con copiglie a vite per le aperture, o fori *a* e *b*. In *m* ed *n* sono muniti di denti a quadrante, che si afferrano a vicenda, come nella copula fig. 409. Il sito *m n* dell'unione si può fasciare con un anello di ferro battuto, da stringere a piacere colla vite *e*, come indica l'annesso spaccato.

Per collegare alberi di legno poco pesanti, si può far uso anche del doppio perno delineato nella fig. 413, il quale non è in due pezzi come il precedente, ma è fatto tutto unito.

La fig. 414 rappresenta l'unione degli alberi di legno *C*, *D* ed *E* con due degli indicati perni *a* e *b*. *c, c, c, c* sono viere di ferro; *d, d, d, d* copiglie a vite colle quali sono congiunti gli alberi.

Finalmente la fig. 415 indica una serie prolungata di alberi orizzontali di ghisa, con un solo pulvino per ciascuno, combinati con altri alberi verticali mossi dai primi per mezzo di ruote angolari, come occorrono frequentemente per cenno d'esempio ne' grandi filatoj.

§ 196.

Oltre alle indicate copule ve ne sono di altra foggia, ma queste, o più complicate, o meno precise e durevoli, quand'anche eseguite a perfezione.

Tali copule si possono vedere nell'opera di Buchanan, ed in altri scrittori inglesi. In generale intorno ad esse si devono fare le seguenti riflessioni:

1.° Una copula è più durevole, quanto è più grande, vale a dire, quanto più sono discosti dall'asse i punti di unione, o di tensione degli alberi congiunti. Veramente, la velocità di ciascun punto è maggiore quanto più si allontana dall'asse, ma in uguale proporzione si attenua anche la tensione, ossia la pressione: perciò, se i membri della copula sono più grandi, ossia i punti di attacco laterali più lontani dall'asse, anche la pressione su questi punti diventa minore, e quindi cresce la durata della copula.

2.° La durata delle copule dipende quasi sempre anche dalla precisione della loro lavorazione. Se le scatole delle copule quadriformi non sono eseguite con somma esattezza, tutta la pressione si aggrava sugli angoli: se sono ben fatte, movendosi devono combaciare da tutte le parti almeno per un terzo, od un quarto, e nei casi migliori, anche per una buona metà dell'intera superficie. È ovvio l'avvertire che la lunghezza di una copula quadrangola non dovrebbe essere troppo piccola, e che per la durata della copula sarebbe opportuno l'aumentarla.

3.° Si è notato che le unture d'olio conservano dippiù le copule. In Inghilterra, negli stabilimenti più grandiosi per la filatura del cotone, è stato osservato che quelle copule, che per lo innanzi si consumavano assai rapidamente, dopo che si è introdotto l'uso dell'olio, durano un tempo incomparabilmente più lungo. Fu pure osservato che le copule a sezione quadrata che si trovavano vicine ai perni, ossia ai così detti collari, si consumavano molto meno, appunto per l'olio che cadeva su di esse accidentalmente.

4.° Le copule nelle lunghe file di alberi in piano, ad un solo pulvino, devono sempre applicarsi vicino più che sia possibile ai pulvini ed alle ruote, come indica la fig. 415 e sarebbe una grande incongruenza quella di collocare le copule in *A*, a distanza uguale dalle ruote.

5.° Per ottenere un movimento uniforme da una lunga fila di alberi copulati, generalmente è vantaggiosa molto l'applicazione di un volante. Racconta il Buchanan che nelle vicinanze di Glasgow, fu trasmesso il movimento di una macchina a vapore con una fila di alberi in piano, alla distanza di 93 *Yards* (85 metri), ma per l'elasticità di una così lunga fila di alberi, e per l'inesattezza delle parti combacianti, ossia per l'agio soverchio delle copule, il movimento degli alberi era così sregolato, che non si poteva far agire il mangano applicatovi. Fu adattato un volante all'albero, presso al mangano, e questo semplice apparecchio bastò a rendere l'azione del mangano perfetta e regolare.

§ 197.

Siccome anche in questo argomento è necessario avere ricorso al tribunale dell'esperienza, così riportiamo qui sotto l'annesso prospetto che contiene le osservazioni fatte in Inghilterra da Buchanan sopra diverse copule.

Esperienze di Buchanan sulle copule inglesi.

Num. d'ordine	Qualità della copula	Resistenza espressa in forza da cavallo (1)	Numero delle rivoluzioni al minuto	Durata del lavoro Anni	Lato del quadrato	Lunghezza delle scatole
					in centimetri	
1	Copula quadrata di ghisa ad un pulvino. Trovavasi applicata vicinissimo alla macchina a vapore; ciascun angolo del quadrato era roso per 18 millim. in circa. Il quadrato originariamente aveva 13 centim. di lato; la scatola era lunga 26 centimetri	16	40	7	12,7	25,4
2	Un' uguale copula quadrata di ghisa, nella stessa fila d'alberi, ma però più lontana dalla macchina: tutte le circostanze, meno la resistenza erano le stesse. Alcune copule non erano logorate in modo osservabile, altre erano rose agli angoli per circa 9 centimetri .	6	40	7	12,7	25,4
3	Copula di ghisa come le antecedenti: il quadrato era originariamente di 15 centim. e la lunghezza della scatola di 30: non era guasta notabilmente	17	38	5	15,2	30,5
4	Copula di ghisa come sopra, poco digradata	6	38	5	7,6	15,2
5	Copula di ferro battuto, foggia come le antecedenti, sommamente logorata	1	38	5	5,0	12,7
6	Copula di ghisa come le altre, non digradata	12	50	8	11,4	20,3
7	Simile smangiata per 12 centim.	9	55	4	10,2	20,3
8	Simile poco smangiata	12	50	7	10,2	15,2
9	Idem " Idem	6	50	7	8,2	12,7

(1) Agli articoli *Forza-cavallo*, e *Cavallo-vapore* inseriti nella Tavola pratica posta in fine dell'opera, si troverà la definizione ed il valore di queste espressioni.

Per quelle copule, che in proporzione alla tensione sembra che abbiano poco resistito, osserva il Buchanan doversi attribuirne la causa in parte alla diversità della lavorazione, in parte al diverso grado di coesione del metallo, od anche alle unzioni casuali d'olio, a cui talune furono soggette. Da queste sperienze il Buchanan conclude che una copula quadrata di ghisa dello spessore di 12 centimetri è sufficiente per otto unità di forza da cavalli, a 40 rivoluzioni al minuto. Da questa indicazione si possono ricavare le grossezze delle copule per altri casi speciali.

§ 198.

È frequente il caso di applicare una forza unica, per esempio quella di una macchina a vapore, al movimento di diversi congegni, ed occorre talvolta di dover fermare gli uni indipendentemente dagli altri. Parimenti ciascun congegno, deve potersi muovere isolatamente, intanto che gli altri stanno fermi. In altri apparati meccanici, come per esempio ne' filatoj deve potersi muovere, o fermare a piacere, e liberamente non solo tutto un congegno ma anche una parte di esso. Gli apparati che servono a questo ufficio si chiameranno organi di attacco e distacco.

Prima di intraprendere la descrizione di questi organi, dobbiamo considerare quella generale proprietà dei corpi che Newton, e i fisici che lo seguirono, distinsero col nome di inerzia (*vis inertiae*), per la quale tutti i corpi tendono a rimanere nello stato in cui si trovano, cioè, od a proseguire nel movimento intrapreso, od a mantenersi in riposo.

È manifesto che questa generale proprietà dei corpi deve render assai difficile l'arresto istantaneo di un movimento di già iniziato; infatti non può ottenersi che a spese di una gran quantità di forza, e ne derivano repentine e violenti scosse che sono il flagello e la rovina sollecita delle macchine. Lo stesso succede, a voler muovere un corpo all'improvviso. Vediamo col fatto, che spesso nelle ruote destinate a ingranare tutto d'un colpo, si spezza qualche dente, allorchè la ruota ferma viene ad essere afferrata dall'altra che si muova con rapidità. Ma se all'asse delle due ruote si applica una caruccola e se gli accavalla una coreggia, od una striscia di cuoio, tostocchè la coreggia sia applicata anche alla seconda caruccola, il moto dell'una si comunica gradatamente anche all'altra: vale a dire che facendo scorrere la coreggia sulla seconda caruccola, a poco a poco genera un movimento col suo attrito, il quale perviene a superare l'inerzia della seconda caruccola, e della ruota che vi è unita, sicchè ne risulta un movimento uniforme. Gli organi di attacco e distacco pertanto si suddividono

in due categorie: nella prima sono considerati quelli che trasmettono il movimento con coreggie, fettucce, corde, catene o simili; alla seconda appartengono quelle che propagano il movimento col mezzo di ruoteggi. I meccanismi della prima categoria sono rappresentati dalla fig. 416 fino alla 421.

La fig. 416 dimostra un apparato a puleggia, o rotella fissa e mobile (*fest and loose pulley*). All'asta, od albero AB di ferro, sono infilate due puleggie, o rotelle C, D , che possono essere di legno, o di ferro. La prima è assicurata stabilmente sulla parte prismatica ef dell'albero, gira con esso lui, e porta il nome di puleggia fissa, od *animata*. La seconda puleggia D invece internamente è munita di una boccia traforata in tondo, per mezzo della quale può girare liberamente ed oziosamente intorno alla testa cilindrica fg dell'albero: essa a differenza della prima chiamasi puleggia morta, o *inanimata*. La boccia sporge dalla puleggia colla parte hi , e vi è congiunta ed assicurata coll'anello ab unito all'albero. Applicata all'albero maestro del meccanismo, mosso per esempio dal vapore, evvi una puleggia cui è avvolta una coreggia senza fine, che comunica il moto alla puleggia fissa C , e quindi all'albero AB , ed a tutto il macchinismo da animare. Volendo arrestare il movimento dell'albero AB , si spinge con una leva, o semplicemente colla mano la coreggia dalla puleggia C sulla D : allora soltanto quest'ultima continuerà a muoversi girando oziosa sull'asse fg e l'albero AB col meccanismo annesso resterà in riposo. Le puleggie sul contorno devono essere alquanto bombate per impedire alle coregge che scappino: se invece delle coreggie di cuojo si adoperasse la corda, bisognerebbe scavare il contorno a gola, come è dimostrato nella fig. 417. Questo è l'apparato più semplice e più perfetto, per tutti quei casi nei quali si possa applicare; ne' filatoj è adoperato universalmente.

La puleggia scorrevole (*sliding pulley*) è rappresentata di fianco colla fig. 418. Consiste in un disco, o puleggia CD di legno, o di ferro, munita degli orli aa per impedire alla coreggia di trascorrere. Questa puleggia non è assicurata fermamente sull'asse, ma è provveduta internamente di un anello cilindrico di metallo incavato, col quale può girare ozioso intorno all'asse. Per mezzo del manubrio bd che ha il suo asse di rotazione in c , rappresentato in profilo dalla fig. 423, può la puleggia CD scorrere alcun poco lungo l'albero. Questo si ottiene col mezzo degli orli mnp che si trovano sulla puleggia, la quale sul suo contorno ha una gola, o scanalatura, in cui si incastrano i denti bb della chiavarda, o menatojo forcuta, fig. 423. All'albero fig. 418 è attaccato invariabilmente il braccio EF , il quale nei punti E ed F è munito di denti della forma in-

dicata. Accavallando la coreggia sopra CD nella posizione delinata, la quale è mossa dall'albero maestro, la puleggia CD si muoverà realmente senza intermissione: siccome però questa gira oziosa sull'albero AB , così l'albero stesso resterà immoto. Spingasi ora col manubrio bd la puleggia CD contro il braccio EF collegato invariabilmente coll'albero AB : i suoi denti si incastreranno nelle cavità della puleggia, e col mezzo di essi sarà mosso l'albero AB . Il perno c intorno a cui gira il manubrio, sarà attaccato lateralmente all'intelaiatura. La puleggia scorrevole è niverata fra i più antichi artifizi stati ideati per dar moto, ed arrestare a piacere le macchine, e si adoperava già da gran tempo ne' cardì o scardassi de' filatoj da cotone (*Cotton carding machines*). Questo apparato però, per gli scuotimenti che genera all'istante dell'attacco, non è più così comunemente usato, come per l'addietro.

Le fig. 422, 430 e 431 rappresentano chiavarde, o manubrij d'altra foggia: in essi l'asse di rotazione, ed il permio c è situato all'estremità, e bb sono i denti che incastrano nelle incavature delle scatole. Nel manubrio fig. 430 vi è un solo dente, il quale è scorsojo, ed è attaccato con una caviglia a vite.

Nell'apparato fig. 419 è indicata una puleggia mobile, con scatola scorrevole. La puleggia gira sull'estremità cilindrica dell'albero AB , ed in B è trattenuta da un anello. Le scatole ab , ab di ghisa, o di ottone sono incastrate d'ambe le parti nel modo indicato, ed assicurate colle caviglie a vite c , c munite delle capocchie d , d . Alla parte prismatica ef dell'albero è assestata una scatola EF , la quale viene spinta contro la puleggia con un manubrio che si attacca alla incavatura gg . A questo proposito le teste delle viti d , d si collocano contro le braccia E , F della scatola, colla quale mediante una coreggia tra l'albero maestro e la puleggia mobile CD succede il rivolgimento delle braccia EF , e quindi anche dell'albero a cui sono attaccate.

La fig. 420 è lo spaccato, e la fig. 421 l'alzata di fronte di un meccanismo somigliante. Il pezzo d'unione cd è posto nella parte prismatica dell'albero AB , ed è fornito di denti c e d , i quali s'insinuano nelle analoghe cave della puleggia CD . Questa puleggia, o disco, gira indipendente in una boccia intorno alla parte cilindrata dell'albero AB . Alla superficie anteriore del disco è attaccata con viti di legno una piastra mnp , nella quale vi è un incastro in cui può scorrere una stanghetta ab . Questa stanghetta è munita di un perno in a , e può colla leva piegata efg la quale in e ha un'apertura oblunga, scorrere su e giù. Nella posizione delinata, il dente c punta contro la stanghetta in b per cui girando la

puleggia, gira insieme anche l'albero. Per distaccare le parti del meccanismo invece, bisogna spingere la leva piegata in g , allora il perno e e la lottanghetta si alzeranno; succederà il distacco tra b e c , e l'albero $A B$ per conseguenza cesserà di muoversi. Questo meccanismo che gl'Inglesi chiamano *Lock pulley*, è un po' più complicato dei precedenti e quindi meno adoperato.

§ 199.

La seconda categoria degli organi di attacco e distacco, comprende tutti quelli, coi quali non solamente possono essere riunite, o separate le macchine, o le loro parti, ma può altresì indursi un rallentamento nel moto. Quando adunque una macchina, per accidentali circostanze provar dovesse gravi difficoltà al muoversi, od avesse ingranamenti duri e stentati, per cui fosse minacciata qualche rottura, allora si impiegheranno le copule di questa categoria, per rendere il movimento alquanto cedevole e dolce, o diminuirlo, o finalmente, arrestarlo. Questo succede, come abbiamo già osservato nell'antecedente paragrafo, quando si deve mettere in azione un meccanismo di grossa portata, il quale stante la sua inerzia deve essere animato a gradi a gradi. Per ottenere un movimento progressivo, e quindi un collegamento arrendevole fra le parti di una macchina, bisogna ricorrere all'attrito, il quale può essere generato specialmente coi seguenti artifizj indicati dalle fig. 424 alla 429.

La fig. 424 è il profilo, e la fig. 425 l'alzato anteriore di un congegno detto dagli Inglesi (*Friction Clutch*) artiglio a sfregamento. All'albero A è attaccata la grucciona CD la quale ha le due teste a intaccatura per ricevere i rebbj della forcetta mnp . La forcetta è innestata sulla parte cilindrica dell'albero A , mediante la boccolla gh , e col mezzo del manubrio che si imposta in gh , può essere cacciata indietro. All'altro albero B è applicata invariabilmente una rotella EF col contorno incavato per ricevere l'anello di ferro battuto ab , fatto in due pezzi simmetrici, stretti insieme colle viti a e b . Nella fig. 424 e 425, i due alberi sono aggrappati: ma respingendo col manubrio la forcetta mnp verso A , gli alberi vengono ad essere disgiunti, e cessa il movimento simultaneo. Se però, supposto che il moto sia comunicato da B ad A , la resistenza di B sarà aumentata notabilmente per una circostanza comunque, l'albero B rallenterà il movimento concepito, o si fermerà anche del tutto, mentre l'anello ab continuerà a girare sulla rotella EF , poichè l'albero A non avrà da superare che il piccolo attrito fra l'anello e la rotella. Del resto l'anello ab

può essere foggato nel modo indicato dalla fig. 409, cioè stretto a vite da una sola parte, e l'attrito sarà regolato conforme al bisogno, serrando, o rallentando la vite a piacere. Si può risparmiare anche la gruocia CD , collocando la forcilla mnp e la boccola gh sovra una parte prismatica dell'albero A , e manovrando col solito manubrio. — Questo ingegnosissimo apparato è adoperato con molto vantaggio nelle macchine in grande. — I congegni dalla fig. 416 alla 420 producono sempre delle scosse, le quali si fanno più risentite, quanto è maggiore la resistenza delle macchine e la celerità del moto, e in molte circostanze possono operare degli scompaginamenti notabili e dannosi, i quali col tempo rovinano le macchine. Con questo congegno invece, anche il movimento de' grossi e pesanti macchinismi s'ingenera gradatamente, e viene tolto ogni dannoso effetto. Oltracciò, se avvengono dei casi accidentali, come per esempio che gli abiti di una persona si avvolgano nel ruoteggio della macchina, allora gli anelli scorrono sul tamburo, e si arresta una parte della macchina, mentre le altre continuano le loro funzioni. S'intoppino i denti di una ruota, questa si ferma, e l'anello scorre tuttavia sul tamburo. Questo apparato, e gli altri consimili, servono adunque a prevenire anche i guasti delle macchine.

Le fig. 426 e 427 rappresentano ordinatamente le alzate di fianco e di facciata di una somigliante copula arrendevole, fra una ruota dentata CD ed un albero B . Il movimento proviene dalla ruota CD , la quale è impernata sull'albero cilindrico A , e vi è assicurata con un anello, ed una spina o . Alla ruota sono attaccati con vite i bischeri d, d . All'albero prismatico B , che riceve moto dalla ruota, è applicata una boccola EF , la quale si fa scorrere col manubrio, afferrando la gola gh . L'anello ba è stretto a sfregamento sulla boccola, e s'arrende ogniqualvolta la resistenza sia troppo grande. Nelle indicate figure, i bischeri d, d puntano contro l'anello ba , e l'albero B è mosso col mezzo della ruota CD : quando però la resistenza di questo albero cresce notabilmente, l'attrito viene superato, l'anello ba scorre sulla boccola EF e l'albero B si ferma.

Un'altra copula a due dischi confricanti, è rappresentata colla fig. 428: sull'albero AB è infilato il disco CD saldamente, e l' EF mobile; a quest'ultimo si accavalla in GH una coreggia, colla quale si fa girare sull'albero cilindrico. Spingendo la leva abc , scorre il disco EF contro l'altro CD , il quale viene perciò a prender moto unitamente al suo albero: ma se cresce notabilmente la resistenza, o si allenta la pressione della leva, cessa il moto comunicato, e l'albero AB torna in riposo.

Una còpula arrendevole a due coni di sfregamento (*Friction cones*) è quella delineata nello spaccato fig. 429: essa è applicabile tanto ad alberi in piano che verticali. All'albero soggiacente *A* è attaccata un'appendice *CD* in forma di cono. L'albero sovrastante *B* si appoggia al soggiacente col perno *a*, e nella sua parte prismatica porta ugualmente un'appendice, o scatola conica *EF* capace di scorrere col mezzo di un manubrio che si applica in *gh*. Entrando i coni a combaciamento uno nell'altro, basta l'attrito delle loro superficie per comunicare il moto da un albero all'altro, e per arrendersi quando la resistenza sia soverchia. Del resto si vede chiaramente, che l'attrito sulle facce di questi coni può essere aumentato quanto si vuole, aumentando il diametro ed il peso dell'appendice *EF*, e che si può ottenere lo stesso effetto negli alberi orizzontali col mezzo di leve e di pesi.

Se gli alberi *A* e *B* devono superare uno sforzo notevole, per commetterli si adopera una còpula costituita da due dischi con denti obliqui, i quali procacciano il vantaggio, che succedendo casualmente il moto retrogrado di un albero, l'altro si arresta. L'albero *A* che gira sul collo *a* è unito ad una sua testa saldamente col disco *CD* il quale nella sua faccia anteriore porta scolpiti dodici denti obliqui, come si vede nella fig. 433. L'altro albero *B* ruota sul collo *b* ed è parimente munito di un simil disco *EF*, i cui denti imboccano in quelli dell'altro. Questo secondo disco però è scorrevole sulla parte prismatica dell'albero, e si maneggia col solito manubrio. Muovasi ora l'albero *A*; se il disco *EF* sarà spinto contro il disco *CD*, gli alberi rispettivi si muoveranno simultaneamente, giacchè le protuberanze dei denti di *CD* si incastreranno ne' vacui corrispondenti di *EF*; ma se l'albero *A* si muoverà a ritroso, i denti non ingraneranno altrimenti, e l'albero *B* cesserà di muoversi.

Dalla fig. 434 alla 437 è delineata un'altra còpula per alberi verticali, a due braccia mobili, la quale ha la proprietà, che l'albero mosso si ferma tuttavolta che l'albero movente per una causa qualunque concepisca un moto retrogrado. L'albero sovrastante *B* incavato e di figura prismatica esagona, poggia col suo perno in un incavo dell'albero soggiacente *A*, ugualmente vuoto e prismatico. L'albero sovrastante porta due pezzi, o braccia mobili *a b*, *c d* attaccati colle viti *e*, *f*, le quali si adattano alle sporgenze della piastra *m n* rappresentata di fronte colla fig. 437, ed assicurata invariabilmente all'albero sovrastante, e coll'estremità inferiore colpisce le opposte sporgenze della piastra *o p*, la quale è collegata saldamente coll'albero soggiacente. Nella posizione delineata può aver luogo il movimento simultaneo di due alberi, da *o* verso *n* e *p*, ma se succede un movimento

a rovescio, i pezzi mobili ab e cd non trovano ostacolo, e l'altro albero cessa di girare.

Finalmente la fig. 438 rappresenta un congegno usitato comunemente ne' filatoj. AB è un albero verticale, su cui è infilata la rotella CD mossa da una corda senza fine. Sul tamburo EF collocato sull'ingrossamento GH , e girevole a scorrimento intorno all'albero, sono accavallate diverse funicelle per dar moto alle fuselle del filatojo. Il tamburo nella posizione delineata, è fermo, mentre l'albero AB si muove. Inforcando il manubrio in gh e spingendo abbasso la forcilla $aghi$ i suoi rebbj a ed i afferreranno i denti m ed n del tamburo, e lo metteranno in moto insieme alle funicelle che vi sono avvolte: rialzando nuovamente la forcilla non si muoverà più che la rotella CD ; ed il tamburo EF rimarrà immobile. L'orlo prominente op del tamburo serve a impedire che le funicelle sfuggano, allorchè sieno rilassate. Questo congegno è adoperato ancora frequentemente ne' filatoj: la forcilla $aghi$ dicesi anche bajonetta (*The Bayonet*) e con tal nome si usa pure distinguere tutto l'apparato.

La fig. 440 rappresenta un meccanismo per unire, e disunire due ruote. La ruota soggiacente è animata dalla forza motrice; il pulvino della ruota soprastante è collocato sopra una leva ab di conveniente saldezza col punto d'appoggio in a ; ed in b è sorretta da un'altra leva cd . Comprimendo colla mano in d , la leva ab si alza e la ruota soprastante si sprigiona. Questo apparato è comunissimo, ha però l'inconveniente di essere soggetto a scosse significanti, principalmente se la ruota soggiacente si muove con molta rapidità.

Se la resistenza che devono vincere le ruote, non è molta, questo si fanno di legno tiglioso, e senza denti, come si vede nella fig. 441. Queste ruote si muovono soltanto per lo scambievole sfregamento, quando l'una di esse sia animata dalla forza motrice: il movimento in questo caso procede sempre dolce, e senza strepito. L'attacco e distacco di queste ruote si effettua col mezzo degli apparati già descritti, o con altri somiglianti.

§ 200.

Si è detto (§ 177) che in Inghilterra gli alberi delle ruote si fanno quasi esclusivamente di ghisa, o di ferro malleato. Per lo più sono foggiati a sezione quadra, rettangola, o prismatica ed accostolati, oppure sono cilindrici, e cavi nell'interno. Nel primo caso assumono precisamente il nome di *aste*, od *assi*.

Le loro dimensioni dipendono dalla loro figura, dalla tenacità del metallo di cui sono composti, dallo sforzo che devono esercitare e dal punto di applicazione della forza e della resistenza.

Un asse di ferro battuto o di ghisa che non sia sollecitato da altra forza, in direzione trasversale, fuorchè da quella del proprio peso, basta, come lo dimostra l'esperienza, che abbia per sezione il quadrato circoscritto alla circonferenza del perno, o lo superi di poco. Il diametro del perno si determina colle regole indicate al § 186. La stessa misura vale anche per gli assi caricati considerevolmente, purchè sieno corti, o che i punti d'applicazione del peso sieno vicini agli appoggi. Un asse poi si dirà *corto*, secondo il Buchanan, che ci dà questa regola, quando la sua lunghezza non sia più di 10, o 12 diametri.

Per gli assi di maggiore lunghezza si suole ingrossare convenientemente il punto della massima resistenza, scemando l'ingrossamento da questo fino alle estremità, con una curva regolare.

La resistenza rispettiva degli assi, cioè quella che si oppone alle forze, o pressioni dirette trasversalmente, deve essere grande abbastanza da impedirne la rottura e l'incurvamento. Le leggi della dinamica insegnano: 1.° Che la resistenza rispettiva di un solido di figura parallelepipedica, sta in ragione composta della larghezza, del quadrato dell'altezza, e nell'inversa della lunghezza, ossia della distanza dal punto di rottura alla linea di direzione della forza (1). 2.° Che la resistenza di un solido ad una forza che tende a piegarlo senza romperlo, è in ragione composta diretta della larghezza, e del cubo dell'altezza, ed inversa del cubo della medesima distanza (2).

Ciò premesso, consideriamo primieramente un asse caricato sul mezzo della sua lunghezza.

Chiamisi l la lunghezza medesima, d il diametro dei perni, calcolato colle regole spiegate nel succitato paragrafo.

Se l fosse minore di $12d$ basterebbe fare l'asse di figura prismatica, a sezione quadra, col lato uguale a d . Ma quando l è maggiore di $12d$ per dare all'asse la necessaria robustezza, bisognerà ingrossarlo al punto d'applicazione della forza, della quantità $d\sqrt[3]{\frac{l}{12d}}$; e per renderlo convenientemente rigido, cioè resistente all'incurvamento, dovrà avere la grossezza

$$d\sqrt[6]{\left(\frac{l}{12d}\right)^3}.$$

(1) Venturoli, Meccanica, § 541.

(2) Navier, Aggiunta al capo I, lib. II dell'Architett. idr. di Belidor.

Quando l'asse non sia caricato nel mezzo, bisogna prima determinare separatamente lo sforzo sostenuto da ciascun perno, ed i diametri rispettivi, come al § 186. Chiamando d il diametro di uno dei perni, l la sua distanza dal punto d'applicazione del peso, se l non sarà maggiore di $6d$, per quello che abbiamo detto di sopra, basterà che l'asse, supposto di figura prismatica quadrata, abbia dappertutto la grossezza uniforme d ; ma se l sarà maggiore, perchè l'asse conservi la stessa forza, bisognerà che al punto d'applicazione abbia la grossezza $d\sqrt[3]{\frac{l}{6d}}$ e per essere ugualmente rigido, dovrà farsi grosso $d\sqrt[3]{\left(\frac{l}{6d}\right)^3}$.

Gli assi a cilindro cavo, si fanno di un diametro piuttosto grande, per potervi collegare più saldamente i perni.

Per valutarne le dimensioni, si rammenti che secondo le leggi della resistenza dei solidi, chiamando d la grossezza di un solido prismatico a base quadrata, od il diametro di un cilindro pieno, oppure il diametro esterno di un cilindro cavo, e d' il diametro interno di quest'ultimo, le loro forze saranno ordinatamente proporzionali alle quantità

$$\begin{aligned} & d^3 \\ & 0,7365 d^3 \\ & 0,7365 \frac{d^4 - d'^4}{d} \end{aligned}$$

per la resistenza rispettiva; ed alle quantità

$$\begin{aligned} & d^4 \\ & 0,5903 d^4 \\ & 0,5903 (d^4 - d'^4) \end{aligned}$$

per la resistenza all'incurvamento, essendo queste forze sempre in ragione inversa nel primo caso del braccio di leva del peso, e nel secondo caso, del cubo di questo medesimo braccio.

Si noti che la rigidezza di un'asta quadrata, è uguale tanto a piegarla sulla base, che sulla diagonale.

Per calcolare la forza degli alberi, od assi di legno, il Buchanan ammette che la resistenza della rovere alla rottura sia $\frac{1}{4}$ di quella della ghisa, e che quella del pino, sia solamente $\frac{1}{5,5}$ ossia $\frac{2}{11}$; cosicchè quando si abbia calcolata la grossezza conveniente al punto di applicazione del

peso per un asse di ghisa, basterà aumentarla colla proporzione di $\sqrt[3]{4} : 1$ per un albero di rovere, e nella proporzione di $\sqrt[3]{5,5} : 1$ per un albero di pino.

§ 201.

I perni e gli alberi, o le aste metalliche che ne fanno l'ufficio, devono resistere non solamente alle forze che tendono a romperli, ed a piegarli, ma anche a quelle che potrebbero produrne il torcimento.

Se l'asta è cilindrica, la resistenza al torcimento, a condizioni uguali, è come la resistenza alla rottura, proporzionale al cubo del diametro, e si può dimostrarlo facilmente; la forza che tende a torcerlo, poi è in ragione diretta della quantità d'azione trasmessa dalla macchina, ed inversa della velocità di rotazione dell'asse, ossia del numero delle rivoluzioni che fa in un determinato tempo. Per conseguenza chiamando N la quantità d'azione trasmessa in un tempo assegnato, per esempio in un minuto, R il numero delle rivoluzioni dell'asse nello stesso intervallo, e d il diametro

dell'asta, si ha la relazione $d = \sqrt[3]{\mu \frac{N}{R}}$, dove μ è un coefficiente costante da determinare con esperienze.

Il Buchanan, da osservazioni fatte sopra diverse macchine, ha dedotto che i valori numerici del coefficiente μ devono variare secondo le circostanze in cui l'asse è situato, e le funzioni che deve adempire. Egli trova che deve farsi $\mu = 400$ per i perni dei volanti delle macchine a vapore di forza moderata; $\mu = 200$ per i perni degli alberi di ruote idrauliche, od altre consimili molto pesanti; ed $\mu = 100$ nelle ordinarie parti interne dei mulini. L'unità di misura con cui valuta l'effetto N , è la forza del cavallo, ed il diametro d è espresso in pollici inglesi.

Volendo ridurre questi valori alla misura metrica, supporremo col Navier (1) che l'unità di forza del cavallo adoperata da Buchanan sia rappresentata da 20000 libbre *avoir du poids*, portate all'altezza di un piede, che è una delle valutazioni più moderate (2). Ora siccome la libbra *avoir du poids* è chilogrammi 0,4534, ed il piede inglese met. 0,3048, per esprimere N in chilogrammi alzati ad un metro, bisognerà dividere μ per $20000 \times 0,4534 \times 0,3048$, e per avere d in centimetri, bisognerà multipli-

(1) Aggiunta summentovata.

(2) Vedi gli articoli *Forza-cavallo*, *Cavallo-vapore* della tavola pratica.

care μ per il cubo di 2,54, cosicchè il numero, per cui si dovranno moltiplicare i valori di μ superiormente esposti, sarà propriamente

$$\frac{(2.54)^3}{20000 \times 0.4534 \times 0.3048} = 0.00593. \text{ Supposto adunque che nella for-}$$

mola $d = \sqrt[3]{\mu \frac{N}{R}}$, il diametro d debba essere espresso in centimetri, e la

quantità d'azione trasmessa in un minuto, ossia N in chil. \times met., i valori che si dovranno dare al coefficiente μ nei tre casi suddistinti saranno ordinatamente in numeri tondi $\mu = 2.4$; $\mu = 1.2$, $\mu = 0.6$.

Questi risultamenti sono applicabili ai perni ed alle aste di ghisa: quelli convenienti ai perni ed alle aste di ferro malleato potranno ricavarsi da questi, riducendo lo sforzo che può essere esercitato, nel rapporto di 9:14,

come si è fatto al § 186. La formola diventerà $d = \sqrt[3]{\left(\mu \frac{9}{14} \cdot \frac{N}{R}\right)}$, ed i valori di μ saranno gli stessi già indicati.

Molte altre cose interessanti, in seguito a quelle finora riferite, resterebbero a dirsi intorno agli alberi delle ruote in generale, noi però non ci estenderemo più oltre, sembrandoci che il fin qui detto sia più che troppo, per lo scopo del nostro lavoro.

CAPO UNDECIMO

Delle pietre da macina, loro lavorazione, assettamento ed effetto.

§ 202.

Sono diverse le qualità di pietre che si usano a macinare, secondo che natura ne ha diversamente provveduti i paesi. Le principali condizioni che devono avere, sono durezza possibilmente uniforme, dimensioni convenienti, trattabilità, e lavorabilità senza però essere soggette a sgretolarsi e lasciarsi troppo facilmente. Le arenarie di tessuto grossolano, e quelle di granitura minuta; tutte le pietre dure costituite da un impasto d'arena; molte specie di breccie e di pudingue, sono opportune in generale alla macinatura.

È raro che le pietre da macina presentino un conglomerato omogeneo, e il più delle volte sono costituite dall'aggregato di una quantità più o men grande di frammenti lapidei, di feldispato, quarzo, mica, silice, ecc. Se questi frammenti non sono troppo grossi, distribuiti con qualche uniformità, e non troppo compatti, la pietra può essere buona, purchè sia dotata delle altre condizioni che abbiamo indicate. I frammenti lapidei ordinariamente aumentano la durezza delle pietre. Se la tessitura è molto compatta, ma però omogenea, la pietra può benissimo servire da macina, massime nei luoghi dove non è ancora introdotto il metodo di macinare a riprese. Anzi per macinar grosso, queste pietre si ritengono migliori: ma se i frammenti che compongono la pietra sono mescolati alla rinfusa, o formano vene, e rilegature, come succede spesso, allora essa non è buona per nessun conto.

Si fanno macine anche di granito a grandi elementi (*gneis*), conosciuto col nome volgare di *sarizzo* granulato, le quali si adoperano più presto nella macinazione ordinaria, che non nella economica; e ve ne sono similmente di quelle di lava basaltina, di gabbro, di quarzo cavernoso e grosso e d'altre pietre diverse.

L'Architetto è ben raro che abbia ingerenza nella scelta della pietra. Ordinariamente è il mugnajo, od il proprietario del mulino che si danno pensiero di ciò, tanto più che le pietre si devono rinnovare di spesso, e la scelta è regolata quasi sempre dalle difficoltà sia nell'acquisto che nel

trasporto, e dal costo che sono speciali ad una tale, o tal altra qualità di pietra, e molte volte dalla consuetudine. In alcuni luoghi la scelta è limitata anche da disposizioni di legge, le quali non permettono l'introduzione di pietre cavate all'estero, senza una particolare licenza.

La pietra da macine deve essere assolutamente di tessuto uniforme, duro ed omogeneo. Alla percossa del piccone o del martello, deve rispondere con suono chiaro e argentino, massime quando la pietra è bene prosciugata e gli spigoli devono mantenersi acuti, taglienti e senza sgretoli.

§ 203.

Adduciamo qui nella Tabella che segue, quelle poche nozioni che abbiamo potuto raccogliere intorno alle pietre usate a macinare presso noi, non che in altre regioni d'Italia e fuori. Esse sono tratte da fonti che reputiamo sicure, e le abbiamo additate a luogo opportuno, acciocchè gli studiosi volendo le possano consultare sugli originali.

*Indicazione di alcune delle principali Cave di pietre da macina
usate da noi, ed in altri paesi d'Italia e fuori.*

ITALIA SUPERIORE O SETTENTRIONALE

NOME E POSIZIONE TOPOGRAFICA	NATURA DELLA PIETRA	OSSERVAZIONI
a) Cave d'Inverigo nella Valle del Lambro in Brianza.	Pudinga poligenica costi- tuita da un conglomerato di frammenti lapidei, uniti fra loro da un cemento calcario.	L'abbondanza delle parti calcarie, il cemento tenero e di poca consistenza, e la quantità di sabbia che vi è unita, rendono tali macine molto difettose, e la farina che si ottiene da esse, non è esente da parti terrose: quindi la facilità colla quale si diffondono nel commercio si deve attribuire principal- mente al loro tenue prezzo.
b) Cave di Montorfano.	Pudinga a cemento cal- cario, con spessi frammenti di quarzo e di carbonato calcario, ora grigio, ora ne- rastro, e piccole parti di schisto siliceo nero.	Le macine ricavate da questa collina sono più pre- gevoli di quelle dei contorni d'Inverigo, perchè il cemento di tale conglomerato, benché calcario, come quello delle pudinghe d'Inverigo, non è però sabbioso, ed inoltre è molto più duro e più compatto. Per le ma- cine si scelgono a preferenza quei pezzi, dove le parti componenti sono piccole e strettamente unite, in modo che non lascino tra loro dei vuoti.
c) Cave di molera della Valle di Ravagnate, in Brianza: le prin- cipali sono quelle di S. Bene- detto nel monte Sirone, dei Ron- chi di Garavero, delle Casci- nette Bianche, di Nova, Gioven- zana, Gagliasso, ecc.	Specie di pudinga polige- nica a cemento calcario-ar- gilloso.	Il cemento di questa pu- dinga, molto più duro e compatto del cemento cal- careo-sabbioso, rende le macine che procedono da questa contrada preferibili a quelle d'Inverigo. La situa- zione di alcune di queste cave è talmente disagiata, che quando una macina è stata lavorata è ridotta alla

NOME E POSIZIONE TOPOGRAFICA	NATURA DELLA PIETRA	OSSERVAZIONI
<p>d) Mole bresciane, nei monti alla Valle Trompia ed alla Valle Camonica poco lungi dal lago d'Iseo.</p> <p>e) " dei Monti di Persen nel Trentino.</p>	<p>Ve ne sono di due generali qualità. Le più stimate, perchè più dense e dure, e perchè fanno in conseguenza miglior effetto nei mulini, e più lungamente resistono al lavoro, sono quelle denominate <i>verdaccie</i>, dal loro colore verdeggiante, e le <i>bigie</i> che si nominano <i>formentine</i>, o <i>brunette</i>. Quelle poi della seconda qualità sono alquanto meno perfette, perchè di grana meno duro, e perciò meno atte alla polverizzazione del grano, e molto più facili a consumarsi, e queste vengono ordinariamente distinte sotto il nome di <i>mole ghiare</i>, <i>favaline</i> per la copia di ghiaja e di ciottoli rotondi di varie specie di pietre, che immerse si ravvisano nel loro nativo impasto.</p>	<p>forma che deve avere, si lascia discendere dalla montagna abbandonata al proprio peso, operazione nella quale è frequente il caso che si rompa, e si perda il frutto di un lungo lavoro (1).</p> <p>Sono le più perfette e le più resistenti al lavoro, e quelle di Persen sono migliori delle verdaccie bresciane. Queste sono adoperate molto nel Veronese, dove si ritiene per esperienza, che i migliori mulini da frumento sieno quelli formati da una di dette mole con una verdaccia, formentina, o brunetta per dormiente; oppure con una di quelle di Persen dette <i>gattine</i> dal color bigio, colla corritoja di mola ghiara, o favalina. Le mole bresciane e di Persen costano il triplo ed il quadruplo delle recoaresi, ma ne consumano anche dodici di queste, e più delle altre, e danno migliore e più abbondante qualità di farina. Esse inoltre sono molto dense e dure, e di grana convenientemente ruvida, e assai pesanti, perciò macinano il grano con ispeditezza, e sottilissimamente; ritengono lungamente la naturale e necessaria scabrosità, e molto di rado hanno bisogno di essere riaccomodate, o come suol dirsi <i>auzzate</i>.</p>

(1) Circa alle pietre da macina adoperate nel Milanese ed in altre provincie della Lombardia, leggansi segnatamente i §§ 48, 53, 54, ed altri passi della *Descrizione geologica della provincia di Milano*, pubblicata per ordine dell'I. R. Governo di Lombardia, da Scipione Breslák, Milano, dall'I. R. Stamperia, 1822.

NOME E POSIZIONE TOPOGRAFICA	NATURA DELLA PIETRA	OSSERVAZIONI
f) " di Recoaro nelle Alpi Vicentine.	Le macine di Recoaro sono della natura delle breccie impastate con un cemento pietroso d'inuguale densità e durezza.	Seconde in bontà, sebbene moltissimo alle anzidette inferiori.
g) " di Trecento		Nel Friuli sono considerate per migliori le <i>Seracine</i> così denominate dalla rassomiglianza che hanno al colore del saraceno, o grano turco, e le <i>zuccherine</i> provenienti dalle mentovate cave di quella provincia. Quelle di Fragona sono al disotto delle altre in qualità. Nel Bellunese le mole superiori, dette colà <i>mole correnti</i> , si traggono dalle controindicate cave di quella provincia, e per dormienti si adoperano di quelle della valle di <i>Seren</i> .
h) " di Tricesimo		
i) " di Fragona sopra Ceneda		
k) " delle cave di <i>Pede Castello</i>	nella provincia di Belluno.	
l) " delle cave di <i>Soccher</i>		
m) " della valle di <i>Seren</i> nel Feltrino.		
n) " dei monti sopra <i>Marosica</i> .		Sono le più imperfette in paragone delle prenominate, non però tutte ad uno stesso grado, variando di densità e durezza, da luogo a luogo, e talvolta anche in una medesima cava.
o) Quelle di <i>Posena</i> .		Nelle provincie di <i>Vicenza</i> , <i>Treviso</i> e <i>Padova</i> , pel frumento si usano i mulini così detti <i>Bastardi</i> perchè hanno la mola di sotto <i>verdaccia</i> bresciana, e la superiore delle cave di <i>Recoaro</i> , o d'oltre delle indicate esistenti nelle provincie stesse (1).
p) " di <i>Piovene</i> , ecc. ecc.		

In Piemonte al presente sono aperte e coltivate circa 24 cave, o marmoraje di pietre da macina, le quali producono da 780 macine e più ogni anno, del valore totale di L. 47000, e vi s'impiegano 130 operai per termine medio. Di queste pietre ne vanno all'estero circa 1720, come si deduce dal riepilogo generale dei prodotti dell'industria mineralogica, e mineralurgica degli Stati di Terra Ferma, posto in fine ai *Cenni di Statistica mineralogica degli Stati di S. M. il Re di Sardegna*, di Vincenzo Barelli; Torino, 1835.

(1) Chi bramasse più adequate notizie sulle mole adoperate nelle provincie venete, può consultare con profitto la bella Memoria di Luigi Arduino intitolata: *Considerazioni generali sull'arte di macinare, e sopra la qualità e gli effetti della nostra mole*. Trovasi inserita in quelle dell'accademia di scienze, lettere ed arti di Padova per l'anno 1809, pag. 172-183. Veggasi pure il *Catalogo ragionato di una raccolta di rocce, ecc.* del Brocchi; Milano, 1817.

ITALIA DI MEZZO

NOME E POSIZIONE TOPOGRAFICA	NATURA DELLA PIETRA	OSSERVAZIONI
q) Pietra di Radicofani posta alla sommità del monte.	Lava basaltina a base di feldspato con pirosseno e anfigene, di color scuro nerastro; tessuto granoso cellulare con piccole particelle lucenti e scorie. Durezza eguale.	È adoperata in Toscana per materiale da costruzione e per macine.
r) Cave di Prato Verde, o Nero di Prato nel Monte Ferrato.	Gabbro, o pietra di figline siliceo-feldspatica, composta di nuclei discretamente grandi di giada tenace, color violetto, o biancastro, con pochi cristalli di diallagio metalloide, grigio verdastro. Vi si trova pure della prenite bianca in massa ed in vene. Tessuto granoso intralciato, somigliante alla serpentina, i di cui elementi sono distribuiti quasi alla foggia di un rozzo granito, per cui si chiama fra Toscani granitone.	Si cava in grosse moli per le macine dei mulini che sono forse le migliori e le più ricercate della Toscana.
s) Cave di Pietra Mala presso le Filigare.	Pietra Maltesca che abbonda di diallagio in grandi cristalli di un lustro spatico con giada color verde-prasio. È a più grossi elementi del granitone di Prato, color verde porro, o verde cupo.	Si adopra allo stesso uso di macine, formate però di più pezzi, ed è meno tenace.
t) Cave a Bellaria presso la Pieve a Scuola nella Montagnola di Siena.	Gabbro composto di giada tenace bianca, talvolta colorita in verde di prasio, con diallaggio ora cinerino, ora nero lucente; tessitura granosa, intralciata. Fondo bigio macchiato di cinerino e di verdognolo biancastro.	Può servire per macine al pari dei gabbri di molte altre località.
u) Pietra Verrucana, o breccia della Verruca che si cava sotto il monte della Verruca di Pisa.	Roccia siliceo-argillosa, composta di frammenti di ardesia e di quarzo, attraversati e collegati da numerose vene o filoncini di quarzo.	Cave aperte da tempi remotissimi per farne ottime macine da mulini di qualsiasi grandezza. Questa pietra è durissima, ruvida, e

NOME E POSIZIONE TOPOGRAFICA	NATURA DELLA PIETRA	OSSERVAZIONI
	zo pingue e talcoso, talora cristallino a guisa d'ingemamenti. Tra i minerali accessori avvi la clorite. Tessitura brecciata sub-granulare e stratificata; variamente colorata.	non suscettibile di pulimento (1).

Negli Stati della Chiesa si fa uso di Travertino del peso al metro cubo di chil. 2483,53 (2).

GERMANIA (3)

a) Pietra del Reno. Colonia e Trierschen.	Sono altre { Scorie vulcaniche, o lave Quarzose Argillose.	Di ottima qualità: In Germania se ne fa un uso quasi esclusivo. Sono adoperate anche in Olanda; e pressochè in tutto il Settentrione (4).
b) " di Mansfeld usata nelle Marche. Dipartimento di Siebekrode.	Arenaria rossigna.	Troppo tenera, e poco atta alla macinatura economica.
c) " della { dintorni di Lü- Slesia { Langenvorwerk. Kesselsdorf. Waltersdorf. Langenau, ecc.	Arenarie di color bianco, o grigiastre, e sono un aggregato di quarzo, silice, ec.	Migliori delle precedenti; e di varia qualità; se ne incontrano di eccellenti.
d) " di Boemia. Località diverse.	Arenaria dura.	Buona assai.
e) " di Sassonia. <i>Idem</i> è specialmente a Pirna e Rochlitz.		

(1) Queste indicazioni sulle pietre da macina della Toscana, sono tratte dal *Dizionario geografico fisico-storico* di quel paese, compilato da Emanuele Repetti, vol. I, fasc. 7, pag. 625-633; Firenze, coi tipi di A. Tofani, 1835. È un'opera nella quale sono sparse molte interessanti e sode nozioni sulla condizione geologica, topografica e fisica della Toscana, ed è scritta con stile assai terso e purgato.

(2) Masetti, *Trattato delle macchine idraul.* § 60.

(3) Le qui indicate notizie sono tolte dal Neumann, Arch. prat. dei mulini, § 173, pag. 229.

(4) *Meinert's Anleitung*, ecc. Guida nella costruzione dei mulini; Amburgo, presso Hoffmann e Campe, 1835, § 86, II, pag. 160.

NOME E POSIZIONE TOPOGRAFICA	NATURA DELLA PIETRA	OSSERVAZIONI
f) Pietre di Prussia.	Trovanti.	Poco trattabili, e poco atte a macinar fino.
g) " di Niederwalsen, e di Marl sul Danubio (1).		

FRANCIA (2)

a) Mole provenienti dalla Ferté- sous-Jouarre.	È un quarzo cavernoso di diversa struttura, per cui si distingue in 1. ^a Qualità: granitura sa- lina che trae al bianco, con vene azzurrognole. 2. ^a Qualità: ad occhio di pernice, o tinta rossastra sparsa di vene azzurre e bianche, e dà fuoco battuta coll'acciarino.	Servono alla Francia Set- tentrionale, ai dintorni di Parigi, alla Normandia, ed alla Gran Bretagna, e si trova in banchi fino di 6 metri.
b) " d'Orbec nel dipartimento del Calvados.		Buone, ed adattate prin- cipalmente per macine dor- mienti.
c) " di Bergerac nel diparti- mento della Dordogna.	1. ^a Qualità: specie di mar- mo bianco composto di selce durissima. 2. ^a Qualità: dicesi <i>macina</i> di ciottolo e somiglia per colore e durezza alla pietra da focaja.	Eccellenti, da poter stare al paragone con quelle della Ferté: danno una farina più bianca. Ben regolate durano 50 anni: si usa preferibil- mente per coperchio. Un mulino così montato produce la miglior farina possibile, e macina fino 6 quintali all'ora, laddove con quelle della Ferté non se ne macinano che 4. Si usa preferibilmente per fondo.
d) " dei dipartimenti dell'Hé- rault e dell'Aude.	Di natura granitica, di color bianco.	Sono poco dure, e biso- gna batterle molto spesso: non durano che due a tre anni.
e) " del villaggio di Savonnière sulle sponde del Cher, più in su di Tours.		Quasi somiglianti a quelle della seconda specie della Ferté.

(1) Wolfram, Trattato delle pietre da costruzione; Stuttgart e Vienna, 1833, § 244.

(2) Qui vi sono indicate in succinto le principali qualità di pietre impiegate in Francia a macinare, come è riferito all'art. *Mulino* del Dizionario tecnologico di Francoeur, Payen, ecc.

INGHILTERRA

NOME E POSIZIONE TOPOGRAFICA	NATURA DELLA PIETRA	OSSERVAZIONI
a) Pietra molare della cava di Conway, nel Paese di Galles-Nord.		Queste due cave furono scoperte, e attivate negli anni 1800 e 1801 dietro eccitamento della società d'incoraggiamento di Londra, e da quell'epoca l'Inghilterra si è quasi totalmente emancipata dal tributo che pagava per questo titolo alla Francia, da cui traeva le pietre molari, note in commercio sotto il nome di <i>French-burr</i> .
b) " Ad Abbey-Craig presso il castello di Stirling.		

SPAGNA

I mulini di Spagna sono montati con macine di granito nero, di poca durata. *Diz. tecn.*

LEVANTE

Nel Levante sono adoperate le pietre vulcaniche che si traggono dall'isola di Milo. Op. cit. *Meisner*, § 86. V.

Notizie più minute si hanno nella relazione sulla giacitura delle pietre dei contorni di Parigi, di Dufrenoy ingegnere in capo delle miniere, pubblicata nel Bollettino della Società d'Incoraggiamento per l'anno 1834. Essa fa conoscere: 1.º tutti i centri d'estrazione delle pietre molari, ossia le cave situate nei dipartimenti della Senna ed Oise, di Senna e Marna, di Marna ed Oise; 2.º le circostanze di giacitura di queste pietre; 3.º il metodo di estrarle; 4.º il metodo di comporre le macine a pezzi; 5.º le varietà diverse per colore, porosità e durezza; 6.º l'uso a cui è adottata ciascuna varietà; 7.º il prezzo delle diverse qualità di mole e la quantità che se ne lavora; 8.º il vantaggio che potrebbe aversi ad esimere da ogni dazio d'uscita le macine allestite, caricandone invece le pietre greggie. Sarebbe desiderabile che qualcuno dei nostri abili ingegneri, trovandosi nelle circostanze opportune, si occupasse a formare la statistica delle cave principali, non solo delle pietre molari, ma anche di tutte quelle altre qualità di marmi e di pietre che sono adoperate nelle costruzioni, distinguendone le proprietà geognostiche ed architettoniche, ed indicando gli usi in cui possono meglio convenire. Le belle, preziose ed utili qualità de' marmi e delle pietre che natura ha prodigato in tante parti del terreno Lombardo, formerebbero un catalogo copioso e distinto, atto a rendere più valutabili le ricchezze cospicue che pos-

Le pietre alle cave ordinariamente non si fa che abbozzarle, per poterle trasportare più facilmente, a meno che il committente non le desideri lavorate all'ultima perfezione. Questa per altro non è sempre buona regola, perchè a maneggiarle nel trasporto, è facile lo scantonarle, ed inoltre è raro che alla cava si lavorino con quella precisione che conviene per ottenere un movimento piano ed uniforme: perciò esigono di essere ritoccate, e cagionano bene spesso una doppia spesa.

Le dimensioni delle macine sono assai varie da un paese all'altro, ed anche in una stessa provincia. Questo può dipendere dalla qualità delle pietre, dalla estensione dei banchi donde si estraggono, dal metodo di estrarle, e più di tutto dalle consuetudini locali.

Nel Milanese il diametro delle mole suol essere comunemente tra li met. 1, 30 e li met. 1, 40; se ne trovano però anche di quelle di met. 1, 50, e sono alte da centimetri 25 alli 30. In alcuni siti si trovano dei fondi per la macinazione del frumento, che sono alti perfino 60 centimetri.

In Toscana le macine hanno ordinariamente met. 1, 60 a met. 1, 90 di diametro, e sono grosse dalli 30 ai 50 centimetri (1).

A Parigi e nei dintorni le mole ordinarie sono larghe da met. 1, 50 alli met. 2 e di altezze comprese fra i limiti di centim. 30, ai 50 (2).

In Inghilterra non hanno per lo più che met. 1, 40 di diametro (3).

In Germania è raro che le macine abbiano un diametro minore di 90 centimetri, e maggiore di met. 1, 20. Il coperchio non è più alto di 60 centimetri, ed il fondo la metà (4).

In Sassonia generalmente il diametro delle mole è di met. 1, 15 (5).

vediamo anche in questo genere. Per un primo tentativo potrebbe prendersi a modello il *Catalogo ragionato d'una collezione di pietre di decorazione, ecc.* pubblicato a Roma nel 1825 dall'avvocato Corsi, o meglio quello inserito nel *Dizionario geografico storico-fisico della Toscana*, di Emanuele Repetti; Firenze, 1835, relativo alle cave di marmi e di pietre della Toscana, compreso il golfo di Luni, e la prima parte del *Trattato de' materiali da costruzione*, di Lodovico Wolfram, pubblicata a Stuttgart nel 1833, nella quale è raccolto quanto si può mai desiderare su questo argomento.

(1) Focacci Dr. Francesco, *Metodo di correggere l'altezza eccessiva delle pesaje col mezzo di cateratte oscillanti*, § XXV.

(2) Belidor, *Arch. Hydr.* tom. I, § 639, e Navier, *Nota di*

(3) Navier, l. c.

(4) Neumann, *Arch. dei mulini*, § 174.

(5) Benoit, *Manuel du Meunier*, vol. 2, pag. 412; Parigi, 1836, 2.^a ediz.

Le pietre soltanto abbozzate, è chiaro che devono avere le dimensioni avvantaggiate di qualche centimetro di più della misura precisa.

Le pietre abbozzate che si trovano alle cave, od ai depositi, secondo il diametro, possono dirsi *lunghe*, o *corte*. Le prime solitamente hanno di diametro met. 1, 30, le altre met. 1, 50: questi diametri però non sono quasi mai della lunghezza normale: ciò non porta pregiudizio, perchè i mulini non hanno tutti le stesse dimensioni; anzi è un vantaggio, potendosi fare quella scelta che si crede la più opportuna.

Le pietre pei mulini a vento nella Germania ordinariamente hanno il diametro di met. 1, 50 alli met. 1, 60 (1).

Le mentovate classi di pietre sono suddivisibili ancora in pietre *intere*, o da fondo, *terzuole* e *mezzane*. Le prime in generale sono alte cent. 60; le seconde cent. 45 e le ultime dai cent. 25 alli 30. E qui pure s'intenda ripetuta l'osservazione fatta a proposito delle lunghezze dei diametri.

Le mole corritoje da noi si adoperano fintanto che l'altezza sia ridotta ad un solo decimetro, dopo di che non sono più atte alla macina, e si dismettono. Alcuni mugnaj però usano servirsi dei coperti fintanto che siano ridotti all'altezza di 7 centim. e mezzo purchè abbiano il colmo assai generoso.

Altrove, e specialmente in Germania, si scartano quando sieno ridotte alla metà, o poco meno dell'altezza primitiva, e dopo si impiegano ancora come *dormienti* o *fondi*, cosicchè rare volte occorre che si debba fare acquisto di mole di questa categoria: lo stesso dicesi usato in Francia ed in Toscana, secondo che riferiscono rispettivamente il Belidoro ed il Focacci.

Rinnovando ad un tempo le coppie de' macini di un mulino, supposto che il coperchio sia alto 60 centim. ed il fondo 30, formeranno insieme un'altezza di 90 centimetri. Lavorando si smangiano continuamente, e dopo certo tempo sarà ridotto il coperchio a 30 centim. incirca, ed il fondo ad 8, od anche meno per cui presi insieme saranno alti ancora 38 centimetri; e la differenza fra le macchine appena attivate, e quelle smangiate risulterà a un dipresso di centim. 52. Ma siccome le altre parti, sono invariabili, così è necessario che l'ingegnere, quando forma qualche progetto di mulini, faccia il possibile di coordinare le parti in modo, che le une possano seguire i movimenti delle altre, senza che vi sia bisogno di ricorrere a quei meschini ripieghi che in generale si vedono praticati. Non di rado, per avere dimenticata questa precauzione, quando il fondo è molto

(1) Neumann, l. c.

assottigliato, e la marra, o narice del palo posta quasicchè a nudo, il registro sfrega contro l'albero della ruota maestra; ed invece, se si rinnova il fondo, e si ristabilisce l'incavatura della narice, restano fuor di luogo il rocchetto, e gli scuotitoi del palo.

L'abile mugnajo cerca di regolare le cose in modo, per comodità di lavoro, che il cambiamento del coperchio segua allorchè il fondo è a mezzo consumato; e rinnova il fondo quando il coperchio è smangiato per un terzo.

Nei modelli e nei disegni rare volte si trova che vi si abbia fatta attenzione, quantunque questi cambiamenti in pratica sieno inevitabili. Eppure non bisognerebbe sorpassarvi, giacchè cotali modelli e disegni, sono destinati ad istruire gli inesperti.

Si deve fare molta distinzione nelle pietre da macina segnatamente in quelle di natura stratiforme secondo che la faccia macinante è parallela al letto, od alla naturale giacitura che avevano alla cava, oppure che la faccia macinante, in cava fosse collocata verticalmente, e la superficie cilindrica, o curva vi si trovasse orizzontale. Quest' ultime sono quasi sempre preferibili massime se la pietra è di qualità dura.

§ 205.

Per estrarre le pietre dalle cave, si fa uso quasi generalmente del metodo seguente, che ci viene descritto colle più minute circostanze da Dufrenoy (1).

Scoperto che sia il masso, l'operajo tasta col martello le parti sane: traccia un cerchio grande come le mole che desidera di cavare, e taglia un cilindro che ha per base il cerchio tracciato. I massi hanno un'altezza equivalente a quello di diverse macine, per cui bisogna spezzarli: a questo fine l'operajo fa un intaglio, o scanellatura circolare col martello, alla parte inferiore della macina, profonda 45 a 50 centimetri, e quando la scanellatura è compita, pone di distanza in distanza due cunei che s'appoggino l'uno all'altro; indi ne introduce un terzo più acuto fra i due primi; in qualche sito, i due primi cunei sono di legno, ed il terzo di ferro: quasi dappertutto però si adoperano cunei di ferro. Guettard dice che alcuni usano dei cunei di legno che fanno gonfiare impregnandoli d'acqua. Belidor riferisce lo stesso al § 834, vol II dell'Architettura idraulica: noi sappiamo d'altronde che questo è un artificio praticato moltissimo dai cavatori di pietre, ma Dufrenoy assicura di non avere mai veduto praticare questo metodo in nessun luogo.

(1) Relazione summentovata.

Disposti tutti i cunei convenientemente, l'operaio batte successivamente su quelli di mezzo, che devono essere più lunghi degli altri. La difficoltà consiste a non introdurre i cunei in modo disuguale, e brusco: un colpo male applicato può far spezzare la mola in pezzi irregolari, e scemarne moltissimo il valore. Dopo che la mola è staccata, si trae dalla cava col mezzo di funi e di argani: nelle cave profonde si forma una strada inclinata sulla quale si fanno scorrere le macine collocandole sopra rulli: in altre si contentano di farle bilicare.

Da quanto congettura Gravier nelle sue osservazioni presentate alla Società d'Emulazione del dipartimento dei Vosges, parlando delle cave di Lasalle poste sulla strada da Ramberville a Saint-Dié, risulta che gli antichi anch'essi staccavano primieramente il masso in pezzi più o men lunghi che foggiano a cilindro, e secondo la lunghezza di questo ne ritagliavano tante macine quante potevano. Le divisioni erano tracciate con un'incavatura circolare fatta col martello a punta, larga e profonda sino a $\frac{3}{4}$ del diametro totale; con una scossa staccavasi ogni macina del cilindro, ed altro più non rimaneva per condurla a compimento che forarla nel mezzo per introdurvi l'asse (1).

Le macine sortono dalla cava abbozzate, e passano ad altri operaj per essere lavorate.

Si fanno anche delle macine di vari pezzi di pietra combinati fra di loro che si cementano con gesso, e si fasciano con cerchioni di ferro.

Per fabbricare le mole non si adoperano altri stromenti, fuorchè cunei, leve e martelli.

I martelli sono sempre molto ottusi. Le loro dimensioni variano secondo la durezza della pietra, e l'uso a cui servono. Pesano da chil. 2, 45 fino a chil. 7, 35 ed hanno da 10 a 30 centimetri di lunghezza e da 7 a 14 centim. in quadrato.

§ 206.

Per macinare grani di diversa qualità col maggior grado di perfezione, ha dimostrato l'esperienza, che le macine da impiegarsi devono essere dotate di qualità particolari.

Se il grano è secco e duro, come quello coltivato in terreni elevati e argillosi, cresciuto al coperto, e conservato perfettamente all'asciutto, le mole per macinarlo devono essere dure, e compatte, sul far ad esempio di quelle di

(1) Cenno sulle cave di antiche macine a braccia. Bibl. Ital. tom. 45, pag. 279.

Montorfano. Quando il grano è umidetto e molle, come quello cresciuto in terreni leggieri e ghiaiosi, o che sia stato battuto sulla nuda terra ad aja aperta, o navigato, la macina deve essere piuttosto cavernosa e bene affilata, ed ardente, perchè il grano essendo coriaceo, e per conseguenza difficile ad essere infranto, richiede una mola più aspra che lo tagli e sminuzzoli, e minor estensione di superficie piana per essere ridotto al grado di finezza conveniente. In tal caso coverrebbero quelle d'Inverigo.

I nostri mugnai ordinariamente usano la macina di fondo di un sasso più dolce del coperchio, e lo stesso sasso preferiscono per macinare il grano turco.

Gli Inglesi formano delle pietre da macina artificiali con un miscuglio composto di terra argillosa e selciosa, che per 24 ore si espone ad un fuoco più vivo di quello di una fornace da calce. A questo miscuglio si aggiunge

$\frac{1}{7}$ di terra calcare, o di altre sostanze solutive atte a far prendere al miscuglio la semivetrificazione, che lo rende atto a servire da macina.

È stato proposto anche di costruire macini di ferro fuso: il Navier però, ed il Leuchs da cui abbiamo questa notizia, non dicono se sieno state sperimentate: quest'ultimo anzi osserva che le particelle di ferro che potrebbero mescolarsi alle farine sarebbero più pregiudizievoli alla salute delle particelle lapidee e della sabbia che si staccano dalle ordinarie mole di sasso.

§ 207.

Le pietre si lavorano assai facilmente quando non siano ancora del tutto prosciugate. Per questo conviene lavorarle appena estratte dalle cave, la qual cosa non è sempre possibile, se i luoghi di deposito sono molto lontani. La pietra però fintanto che sta esposta all'influsso dell'atmosfera, non prosciuga così presto.

Al contrario non è buona regola di macinare con pietre bagnate, o non ancora prosciugate perfettamente: quindi le pietre lavorate si mettono a stagionare in sito chiuso, od anche all'aria aperta, ma difese da buona tettoja, e poggiate sopra mensole, non sulla nuda terra, ed esposte ad ogni intemperie, come usa la maggior parte de' nostri mugnai e venditori di macine. Le pietre, secondo il grado di durezza, la giacitura originale, e la qualità dell'aria, impiegano da sei mesi a due anni a prosciugare: quelle lavorate in generale stagionano più presto delle rustiche: le pietre dure sono meno umide di quelle tenere, ma le prime asciugano più tardi.

Una pietra umida riesce più fredda e più cedevole al tatto di una asciutta; e percossa con strumenti di ferro, si cava un suono più chiaro dalle ultime, che non dalle prime.

Il mugnajo per lavorare le macine, non si serve come il tagliapietre del martello, della subbia e del trapano, perchè non è suo scopo di ottenere un lavoro forbito, ma sibbene un piano regolare, ed esatto. Gli stromenti principali che adopera sono: il piccone a doppia punta, fig. 442; la martellina, fig. 443, ed il mazzo a punta di diamante, fig. 444. Ordinariamente le punte sono più grosse da una parte, quindi si comincia a lavorare con questa, e si compisce il lavoro colla parte a punta più sottili. Il manico di questi strumenti è indicato colla fig. 445: il mugnajo lo calza ogni volta che deve servirsi di uno stromento, senza però stringerlo con chiodi, o zeppe come fanno gli scarpellini e i muratori, e quando vuol rendere fermo lo strumento, batte l'estremità del manico contro la pietra. In questo modo si può separarlo con facilità, tutte le volte che fa bisogno per affilare ed aguzzare i ferri. È osservabile che uno stromento il quale sia solamente calzato, è più fermo che un altro stretto con cunei, basta appena che si abbia l'avvertenza mentre si lavora di rinfrancarlo col battere tutte le volte che tende a rallentarsi. Gli altri stromenti che adopera il mugnajo per lavorare le pietre, sono descritti in seguito, dove si parla delle diverse operazioni a ciò relative.

Le fig. 446 e 496 rappresentano due pietre lavorate compiutamente la prima col metodo tedesco, la seconda col metodo milanese. La superficie, superiore a può dirsi il *dorso* della macina, l'inferiore, ossia quella contrapposta alla macina dormiente, ne è la *base* od il *piano macinante*, e la superficie cilindrica, che contermine il dorso e la base, costituisce il *fianco* o *fato* della macina. Ordinariamente il diametro della base è due, o tre centimetri più lungo di quello del dorso, vale a dire che la pietra è allusata, per cui propriamente parlando non ha forma cilindrica, ma conica. Questo si fa per poterle più facilmente cerchiare, quando occorre.

Anche l'occhio si tiene da tre fino a cinque centimetri più largo di sotto che di sopra, acciocchè il grano, e specialmente il tritello non aderisca agli orli. In alcuni luoghi si fa la prima metà superiore dell'occhio circolare, ed il resto quadro. Con questo metodo la pietra viene un po' più indebolita, ma non fa gran caso.

Al dorso si destina preferibilmente la fronte più dura, ossia quella faccia della pietra grezza che è suscettibile di lavorazione finissima, senza lasciare visibili cavità, o fori, e senza che richieda notevole consumo di pietra. Non di rado le pietre rustiche si trovano tagliate obbliquamente, co-

sicchè nel perfezionarle bisogna procurare di ridurle alla necessaria, e più possibile grandezza. In questa materia non vi sono precetti, ma il mugajo bene addestrato, vede a colpo d'occhio il partito migliore che può cavarai da una pietra ancor grezza. Le piccole cavità che rimanessero sulla lase, o vicino di essa sul fianco della pietra, sono di nessuna conseguenza, tanto più che svaniscono subito colla molitura.

§ 208.

La lavorazione può essere eseguita a questo modo: si comincia dal dorso, e a questo fine si colloca il masso rustico sopra tre zocchi, fig. 447, i quali però devono posare sovra un piano resistente, onde non avallino. Bisogna saper discernere a un dipresso quanta pietra si dovrà scarpellare, o mandare in iscaglie nelle diverse parti, per ridurre piana e regolare la faccia del dorso, dopo di che si dispone la pietra a livello, ficcando delle biette tra questa e gli zocchi che la sostengono.

Predisposte le cose in tal guisa, si forma primieramente, fig. 448, una guida crociforme: per far questo, si comincia a praticare il taglio a pelle piana ab, cd , in larghezza di 8 a 12 centimetri, indi col sussidio del regolo A si appiana anche la parte intermedia esplorando di tempo in tempo con un secondo regolo B , che si sfrega in tutte le direzioni sulla parte lavorata colla sua faccia inferiore piana, e spalmata di bolo. Le parti prominenti della pietra vengono in tal modo a farsi distinguere, perchè restano tinte dal bolo: si levano queste, e si torna ad esplorare, ripetendo l'operazione fintanto che il regolo esploratore tinga uniformemente tutto il piano lavorato. Bisogna però avvertire che il regolo deve sfregarsi non solo parallelamente ad ab e cd , ma anche sulle diagonali ad, cb . Così operando, la superficie $abcd$ riescirà perfettamente piana. L'altra porzione $efgh$ della guida si lavora in una maniera analoga, tenendo per base quella già lavorata, e non alterando menomamente la parte intermedia $mno p$, per la qual cosa bisognerà adoperare ogni studio a non profundarsi troppo in qualche punto dei piani $egnm, opfh$, e succedendone il caso, si dovrà ritoccare di conformità anche il piano che già si aveva perfezionato. La perfetta orizzontalità della superficie si esplorerà meglio colla livelletta, o coll'archipendolo. La lavorazione meccanica propriamente detta, si eseguisce col piccone a bella prima, indi col mazzo, e presso gli orli colla martellina, perchè il mazzo farebbe scagliare facilmente la pietra.

Quando sia compita la guida, facilmente si sapranno appianare anche i settori $ame, gub...$, perchè i piani già lavorati serviranno di traccia al

regolo ed all'esploratore che si potranno dirigere sulle linee gb, ae . Ordinariamente, in principio dell'opera, per maggior comodo, si esplora con un regoletto corto c : ma tolti che sieno i settori, e compiuto perfettamente il piano, si farà scorrere il primo esploratore in tutte le direzioni, e se questo tingerà uniformemente tutta la superficie, allora saremo certi che questa è lavorata a perfetto piano.

Della superficie così lavorata, si determina il centro col compasso a verga D , fig. 449, la qual cosa, dopo qualche tentativo si ottiene subito; quivi si scolpisce un'incavatura, nella quale si pianta il cosiddetto *monaco*, o perno E , che si stringe saldamente con biette, come indica la fig. 449, avvertendo nello imbiettarlo di fare in modo che si mantenga precisamente in centro; locchè si verifica col compasso anzidetto.

Nel monaco piantato stabilmente, si infila il compasso, e si traccia il perimetro della pietra, che si scalfisce un poco con una punta di metallo attaccata al corsojo del compasso, o con un pezzo di matita nera, o rossa, se la pietra è troppo dura.

Seguendo il perimetro tracciato, si forma col piccone un'orlatura in giro alla pietra, di un decimetro di altezza, curando per altro di non cancellare il tracciamento. Per ridurre precisa l'orlatura si fa uso di un altro compasso a corsojo piano, somigliante ad una grappa, fig. 450, con un foro, il quale calza a capello col monaco, su cui si infila, e si ritocca col piccone, poi col mazzo, fintanto che la faccia interna del corsojo, la quale è spalmata di bolo, colorisca tutta la fascia in giro uniformemente. Nello stesso tempo si smussa lo spigolo col piccone, per impedire che la pietra si scagli. La pietra condotta a questo segno vedesi rappresentata nella fig. 450.

Successivamente si scolpiscono altri quattro piani di guida sul fianco della pietra, in corrispondenza agli estremi di due diametri conjugati, od ortogonali del dorso, come si vede nella fig. 451; ed in questa operazione si fa uso di una specie di squadra G , la quale si imperna essa pure nel monaco. La finestra di questa squadra è oblunga; e col mezzo di un assicella scorrevole in cui è scolpito un foro tondo, si può spostare, per allungare od accorciare l'uno dei bracci conforme alla grandezza della pietra; ed è organizzata come quella del compasso da ruote, fig. 83, tav. XI, descritto al §. 98. Quando però il lembo superiore sia lavorato con precisione, si può far senza l'assicella scorrevole, infilando la squadra colla finestra libera, che nella pratica è minore incomodo. Bisogna però assicurarsi bene che girando la squadra, rasenti uniformemente ogni punto del lembo superiore. La regolarità del fianco è molto importante, pochè si evita più facilmente che la pietra riesca gobba.

Fatto tutto questo, si scolpisce l'occhio fin verso la metà del suo spessore, o quanto meno fin dove si può giungere col piccone. Per segnarlo, si adopera comunemente un compasso a suse com'è quello disegnato in // alla fig. 452, il quale da una parte finisce a punta, e dall'altra porta un pezzetto di matita, o di sanguigna. Si fissa sul centro del monaco la gamba appuntata, e si muove l'altra a segnare la circonferenza. La scoltitura dell'occhio esige una certa pratica, massime se si eseguisce tutta col piccone: una volta poi che l'occhio sia traforato non può più essere ritoccato. La fig. 452 rappresenta lo spaccato di una macina lavorata completamente da una parte, e in procinto di essere capovolta, per lavorarla ugualmente anche dall'altra.

Si capovolga quindi effettivamente la macina, come indica la fig. 453 e si orizzonti alla meglio, ripetendo le operazioni tutte che furono eseguite per la faccia già lavorata; e per raggiungere il perfetto parallelismo delle due basi opposte della macina, si dispongano prima di tutto a cordeggiare precisamente gli spigoli esterni dei piani di guida, col mezzo del compasso di grossezza *I*, fig. 444. A lavoro compiuto la pietra assumerà l'aspetto della figura testè accennata.

Quando sieno scolpiti a dovere gli spigoli *a, b, c, d*, si determina facilmente a tentoni, o con metodo geometrico, il centro in cui deve essere impiantato di bel nuovo il monaco. Nel rinzepparlo poi si avrà sempre avvertenza di esplorare a quando a quando che il compasso *F*, fig. 450, posto in centro, rasenti ugualmente le porzioni di arco *a, b, c, d*. In seguito, si traccia il perimetro, e si forma un'orlatura sul dorso, tutto all'ingiro, alta un diametro in circa, ossia quanto è lunga la faccia piana del corsojo del compasso, e la pietra prende la figura 455.

Anche da questa parte si segna l'occhio, e si incava nella maniera già dimostrata: ma siccome col piccone montato con manico usuale non si arriva a metà della grossezza della pietra, così vi rimane ancora una porzione da scolpire, come si vede nella fig. 456, e per levare anche questa compiutamente, si adopera una specie di cacciatojo, simile a quello distinto con *K*, fig. 456.

Finalmente resta da appianare soltanto quella parte della superficie del dorso che è compresa fra le due orlature. L'operazione non presenta difficoltà, perchè il piano è regolato dalle orlature anzidette. Si rizza la pietra verticalmente sul fianco, si lavora la parte ancora in rustico, usando la squadra ed il regolo, che si fanno trascorrere opportunamente sulle parti già perfezionate.

In generale le due mole, cioè tanto il coperchio che il fondo si lavorano ugualmente: ma il fondo non richiede quel grado di esattezza che è necessaria al coperchio, perchè il primo sta immobile, mentre l'altro deve girare con molta celerità e raccomandato ad un solo perno che lo sostiene nel centro. Nella macinazione influisce molto l'esatto movimento della macina, e quando sia mal lavorata non è possibile che agisca convenientemente.

Il palo deve essere robusto abbastanza da reggere la mola e girarla, inoltre perchè essa non traballi, dovrà il palo elevarsi perfettamente a piombo, e il punto d'appoggio della mola dovrà passare pel suo centro di gravità.

Le pietre lavorate si lasciano prosciugare convenientemente, come abbiamo detto in principio del paragrafo antecedente, e fuorchè nei casi di urgenze inevitabili, non si dovrebbero mai adoperare pietre umide ne' mulini.

§ 209.

La fig. 457 rappresenta la pianta della faccia superiore *A*, il fianco *B*, lo spaccato *C*, e la pianta della faccia inferiore *D* di una *marra*, *parpaglione* o *martellina*, ossia di quel ferro che si calza in testa al palo per impostarvi la corritoja, e che i mugnai del Milanese dicono con voce assai propria la *nariggia*, o *narice*. Questa si fa di misure proporzionate alla grandezza della pietra, e quindi si tiene lunga da 40 a 50 centimetri, larga da 9 ad 11, grossa lateralmente a $\frac{1}{2}$ ni $3\frac{3}{4}$, e nel mezzo si accrescono da 12 a 25 millimetri. L'apertura della narice deve essere configurata, e calibrata, esattamente alla testa del palo, fig. 459, in modo di adattarvisi a capello. Malgrado ciò, col tempo e coll'uso, la testa del palo s'interna sempre più nella narice, da cui sporge bene spesso fino a cinque e più centimetri.

Si incontrano frequentemente delle narici configurate come quella della fig. 458. Questa struttura è cattiva, perchè se si sposta alcun poco la narice, come vedremo che occorre di dover fare, la pietra si solleva dalla parte verso cui si tira la narice, e perde l'equilibrio. È quindi necessario che le due code *a* e *b* sieno piatte.

Queste narici, considerate rapporto all'ufficio loro, sono le più difettose di quante si possano immaginare, eppure sono adoperate comunemente da' nostri mugnai, ed in tutta la Germania. Esse sostengono la macina più sulla lunghezza che sulla larghezza loro, e dovendole stringere con zeppe per as-

assicurarle, come vedremo avanti, è difficilissimo che si possa centrare perfettamente la macina stessa. Un tale difetto è minore nelle macine a piccolo diametro, come quelle tra i met. 0, 90 e li met. 1, 20, di quello che nelle macine di grande diametro, come di met. 1, 30 alli met. 1, 50; ed il Langsdorf (1) crede che questo sia il principale motivo per cui i Tedeschi generalmente preferiscono le macine piccole.

Si è tentato di rimediare in qualche modo all'accennata imperfezione, colle narici *a*, *b*, fig. 502, ma anche quelle non valgono ad ottenere un perfetto equilibrio.

Le migliori narici sono quelle all'olandese, fig. 503, *c*, *d*, fig. 504, *e*, *f*, le quali apprestano alla macina un sostegno uniforme, e permettono di poterla facilmente centrare, ed orizzontare.

La narice *d* è da preferirsi segnatamente per le pietre da mondar orzo, e pei mulini a vento, dove si assicurano stabilmente con viti, e non abbisognano rettificazioni di orizzontamento.

Sappiamo dalla geometria che è più facile disporre a perfetto piano tre punti, anzicchè quattro, o più, pare quindi evidente che le narici a tre braccia, fig. 505, *g*, *h*, *i*, debbano facilitare d'assai l'orizzontamento delle macine.

Nella fig. 459 vedesi un *palo* da macina. È costituito dalla *testa A*, dal *collo B*, dal *fusto C* di figura parallelepipedica, nella quale si calza il rosetto, e dal *piede D*. La testa, il collo ed il piede devono essere acciajati, ma quest'ultimo particolarmente si deve aver cura che riesca duro e resistente, senza per altro che sia crudo, o vetrino. Il palo e la narice si marciano con tacche, o segni di riscontro come quelli *A* e *B* della fig. 457 e quelli *A* della fig. 459 per poterli ricongiungere sempre nella posizione loro assegnata.

La lunghezza del palo è coordinata all'altezza del ponte delle macine, come vedremo allorchè si tratterà di questa parte del mulino. Non dovrà farsi minore di met. 1, 10, nè maggiore, se è possibile di met. 2, 20. La lunghezza più opportuna è compresa fra li met. 1, 40 e li met. 1, 70.

La grossezza deve essere proporzionata al peso della macina: l'esperienza, secondo Meisner, ha dimostrato che per le pietre di chil. 1250 fino alle più grandi di chil. 2500 basta un palo a sezione quadra di centim. 6 alli 10 di lato, per reggerle senza oscillazione. Questi dati combinano con quelli dati da Neumann, il quale dice che il palo nei macchinismi di struttura debole si tiene grosso usualmente 6, od 8 centimetri, ed

(1) *Tecnologia*, pag. 82, § 46, 4.

in quelli di struttura robusta, dagli 8 ai 9. Il collo lo fanno alcuni della stessa dimensione; altri lo ingrossano di due o più centimetri, perchè talvolta egli si rode perfino a tre centimetri. Il piede va affusato in modo, che all'estremità gli resti il diametro di soli 13, od anche 12 millimetri; al disotto poi si ottunde. Questa parte deve essere tutta di acciaio durissimo. Non dappertutto si trovano le macchine necessarie e gli operai abili a tornire il collo ed il piede dei pali.

Alla fig. 170 è delineata una *cassetta*, o *lucerna* con entro la sua *ralla*, o *dado*; *A* è la pianta, *B* l'alzato, *C* la sezione al lungo *D* la sezione al traverso. Le lucerne comunemente si fanno di ferro malleato, larghe di netto 15 centimetri, larghe e profonde dalli 7 agli 8; le pareti ed il fondo hanno lo spessore di 12 millimetri in circa. Le orecchie, o code che vi sono attaccate, servono per assestare saldamente la lucerna, e possono essere lunghe da 5 ad 8 centimetri: esse però non sono indispensabili. Le cassette si fanno anche di ghisa, ma sono troppo facili a spezzarsi. Una cassetta di ferro ben lavorata dura sessanta e più anni, purchè sia colle debite cure regolata, o non venga ad essere guastata per qualche singolare accidente.

La ralla consiste in un massello d'acciajo di forma cubica, o più spesso parallelepipedica, lungo quasi un decimetro, largo da cinque a sei centimetri, e grosso tre e mezzo a cinque, che si pone ben serrato con biette nella cassetta. Per assicurarlo meglio, convien porre le biette senza sforzarle, e stringerle poscia coll'interporvi delle sottili laminette metalliche. Si avverta che le biette vanno cacciate a freddo, e non a caldo, come venne in pensiero a taluni: molto meno poi si deve saldare la ralla nella cassetta con piombo, prima perchè questo metallo è troppo molle per poter mantenere fissa la ralla invariabilmente, poi perchè è suscettibile di fondersi, se per caso il palo si riscaldasse molto.

L'acciajo della ralla deve essere scelto e bene incrudito. La piaghetta, od imposta, sia profonda sei, od otto millimetri, e calibrata precisamente col tallone del palo. Se l'acciajo della ralla, o del palo, fosse difettoso, o non bene trattato, e lavorato, diventano stentati e sregolati i movimenti del mulino, e non di rado, se la celerità è notabile, il palo e la ralla si arroventano, l'unto s'abbrucia, e il meccanismo si arresta, abbenchè l'acqua non manchi, perchè l'acciajo si fonde, e rimangono insieme saldati la ralla ed il palo.

Molte volte la ralla ha la struttura indicata dalla fig. 461, ma questa forma ha il difetto di non lasciar colar l'unto a dovere, ed è facile il palo a balzar fuori. Ancor meno si consiglia la ralla della fig. 462, la quale ha

una protuberanza nell'impasta che deve corrispondere ad un incavo che si pratica nel tallone del palo. Siffatta disposizione aumenta l'attrito, e per conseguenza il riscaldamento: inoltre la lavorazione è sempre più difficile, quanto più artificiose sono le forme, e la cura più importante è quella di poter avere ogni parte bene confezionata.

Le stesse incongruenze si notano nella ralla rappresentata colla fig. 463, dove il palo è tondato precisamente come quello della fig. 459, ma la ralla all'impasta sporge in tondo. Avendo il rocchetto un piccolo raggio, il palo soffre una spinta considerevole dalla parte verso cui gira lo scudo: egli quindi si consuma notabilmente da quel lato, e perde ben presto la sua convessità; ridotto che sia alla metà circa della grossezza primitiva, foracchia con forza, e si riscalda sempre meglio per l'agio abbondante che si è formato. Questa struttura potrebbe avere qualche vantaggio per quei perni che sono meno aggravati di un palo da macine, e che girano lentamente. Si ammetta pure, se si vuole, che il palo non si roda di fianco, ma consumi al disotto regolarmente, non per questo si conserverebbe a lungo la forma primitiva della ralla, e le due protuberanze verrebbero a confondersi ed a spianarsi tanto più esattamente, quanto sarà più intima l'omogeneità e l'uguaglianza nella durezza delle parti confricanti. Vi sono delle ralle di altre consimili strutture, le quali a primo aspetto sembrano migliori, e in pratica poi, o non presentano una vera utilità, o sono anche dannose.

Le ralle di metallo, già da tempo usitate, sono assai vantaggiose. Ordinariamente si fanno con due incavature, o scudini, fig. 464, così quando l'uno è sfocionato, si passa il palo a girare nell'altro.

Per foggare il palo, calibrarvi la narice, acciappare ed indurire il piede e le ralle, si richiede una particolare abilità, e pochi artefici la possiedono, cosicchè le molte volte, convien ricorrere a fucine lontane. Noi non ci fermeremo a descriverne i metodi, perchè ci farebbero deviare soverchiamente dal nostro argomento.

La narice si assesta sul palo al momento che si vuol dirizzare la macina. Generalmente l'operazione si eseguisce sul palco delle macine per evitare dei trasporti e delle manovre faticose e difficili, con pericolo di sconcertare la disposizione delle parti: la procedura relativa, dovrebbe propriamente essere riservata al capitolo che tratta della composizione, della parte interna del macchinismo, non per questo, abbiamo risolto di riferirla in questo luogo.

Convien prima di tutto che si impari a conoscere uno strumento opportunissimo e necessario per questa operazione, il quale forse è ignorato tuttavia dalla maggior parte de' mugnaj. Questo strumento, per l'ufficio suo, potrebbe avere il nome di compasso pendente, e consiste, fig. 471, in due traverse, o staggi *a*, *b* uniti con due aste, o regoli *c*, *c*, e nel tracciatore *d*. Le traverse sono grosse circa 4 centimetri, e larghe 8; e i regoli hanno la sezione di centimetri $2\frac{1}{2}$ per 4. La traversa superiore ha un incavo

in *p*, che si adatta al piede del palo; e l'inferiore ha una gola, o canaletto in *q* il quale ne abbraccia a giusta misura il collo. Le aste *c* sono scorrevoli fra la traversa superiore, per cui il compasso può allungarsi ed accorciarsi come occorre; collocato che sia all'apertura conveniente, la traversa si rende stabile con sottili biette. Nella traversa di sotto le aste sono fissate. Il tracciatore deve essere 15, o 20 millimetri più lungo dell'altezza della macina: la traversa inferiore ha due piccoli fori *f* e *g*, nei quali si infilano delle molle, o sottili verghe di legno pieghevole, come sarebbero i ramicelli di scopa, o sanguinella. L'uso di questo compasso si viene dichiarando qui abbasso.

L'operazione di assestare, o diremo meglio di bilicare il palo, si eseguisce a questo modo. Si colloca la macina su tre rocchi, come si fa per lavorarla, e si allivella; poi si mette la narice traverso all'occhio, vi si introduce il palo, e si dispone il compasso come è dimostrato dalla fig. 465. Il compasso si fa quindi ruotare intorno al palo ed alla macina, e si rimuove la narice fintanto che la molla *f* sfregi uniformemente tutto all'ingiro. Ottenuto ciò, si prende a considerare la molla *g*, e se questa è sollevata dal piano della macina, bisogna alzare la narice dalla parte opposta, inserendovi sotto delle sottili laminette, o copponi in modo che la molla sfregi ugualmente da pertutto. Ordinariamente succede che mentre si regola la molla *g*, si disasta la molla *f*, cosicchè bisogna ripetere di bel nuovo la fattura di prima, e seguirne di questo passo fintanto che lo sfregamento delle due molle riesce uniforme; indi, senza nulla spostare si segna con carbone, od altro somigliante il contorno dell'incavatura della narice, lasciando però un agio da ciascun lato di un centimetro e più. Se la narice pende più da una parte che dall'altra, si nota diligentemente il grado d'inclinazione, per praticare nell'incavatura l'analogo profondamento. Si sottintende che nel maneggiare il compasso si debbano usare tutte le precauzioni possibili per evitare che il palo si ribalti, o traballi. Sulla pietra si farà un segno d'incontro in corrispondenza alle tacche della narice, per

poter rimettere sempre quest'ultima nella uguale giacitura: la stessa avvertenza si avrà tutte le volte che si infila il palo alla narice.

Le incavature tracciate nel modo che si è indicato, si scolpiscono col piccone, e si approfondano quel tanto che si vuole, o che si può internarsi colla narice; così il punto d'appoggio della corritoja si approssima sempre più al suo centro di gravità, e quindi è meno soggetta a inclinarsi sul fianco. La maggiore profondità della narice però è bene che non sorpassi li 15 centimetri, altrimenti riesce difficile a fissare saldamente il bussolotto nella mola dormiente. Spesso bisogna anche regularsi coll'altezza a cui si può collocare il palo, per lasciar campo a inserire il rocchetto sulla parte prismatica, segnatamente poi se lo scudo è piccolo, il palo corto, e la corritoja alta. Torneremo sull'argomento, allorchè si tratterà dell'impalcatura delle macchine. Per determinare l'effettiva profondità dell'incavatura, posto che vogliasi per modo d'esempio internare la narice a 15 centimetri, bisognerà aggiugnere a questa misura anche quella dello spessore delle ali della narice stessa. Per misurare poi materialmente questa profondità si adopera un'asticciuola divisa in centimetri, fig. 472, la quale scorre a squadra in un regolo. Con questo strumento si può anche esplorare di quanto una incavatura è più o meno profonda di un'altra. Nella fig. 466 si vede un'incavatura scolpita, con dentro la misura.

Quando le incavature sono ultimate, vi si introduce la narice, nella quale si infila il palo, poi si eleva il compasso come nella fig. 467, stringendolo prima, ossia riavvicinando le traverse, più che non lo erano nella posizione primitiva, fig. 465, e adattandolo alla profondità dell'incavo. Mentre si gira il compasso si cerchi di accomodare la narice in modo che la molla *f* sfregghi ugualmente dappertutto, e si osservi in pari tempo anche la molla *g*. Se questa pure striscierà uniformemente su tutto il contorno, la narice sarà collocata a dovere, ma se la molla restasse sollevata da una parte, bisognerà profundarsi da questa ancora tanto che basti: nel qual caso si levano via il compasso ed il palo, e colla narice si sfrega alcun poco sul fondo dell'incavatura, onde riconoscere dopo averla estratta se sia adagiata equabilmente, o se vi sieno delle prominente che si dovranno sempre eliminare. Nello stesso tempo si incava dalla parte dove la molla *g* resta rialzata; indi si ripone la narice, e si sfrega ancora, per accertarsi che giaccia bene appoggiata in piano per tutta la sua estensione, dopo di che vi si ripetono le esplorazioni, e le operazioni descritte, fintanto che le due molle giungano a sfregare uniformemente. Ogni volta che si mette in prova la narice, bisogna osservare soprattutto, di non metterla inclinata sulla diagonale del piano dell'incavatura, o come direbbero i pratici, fuor di squadra.

.I .2.1

Per ritoccare l'incavatura, si adopera solamente la martellina. È caso rarissimo, anzi straordinario, che la narice riesca collocata a giusto luogo la bella prima volta che si prova nella incavatura, e quasi sempre bisogna toccarla e ritoccarla replicatamente, perchè insorgono continue differenze, e quando si crede avere rimediato da una parte, si trovano difetti più gravi dall'altra. Non bisogna però stancarsi di correggere e ritoccare fintanto che riesca appantino. Un occhio bene esercitato, e qualche pratico artificio giovano moltissimo in queste occorrenze; a proposito quindi si dice in proverbio, che *alla macina si conosce il mugnajo*.

Se la pietra non è preparata esattamente, ne risaltano i difetti nell'adattarvi la narice. Per assicurarsene, dopo di avere collocata la narice in punto, rapporto al piano inferiore della macina, bisogna riconoscere se sia lo stesso anche rapporto al piano superiore la qual cosa si fa tenendo contro questo un'asta la quale è attaccata in *a* al tracciatore del compasso, e per mezzo di una punta, o di un chiodetto il quale vi si pianta in maniera che rada precisamente l'asta, si osserva a quale altezza del tracciatore corrisponda lo spigolo superiore della medesima. Lo stesso si ripete in *b*, dalla banda opposta della macina, ed in diverse altre posizioni dell'asta. Se la pietra è apparecchiata bene, deve riscontrare a giusta misura da ogni lato, per cui se emergesse qualche divario sarà meglio levar fuori ancora la narice, e ritoccare il piano superiore della macina.

Pervenuti a questo segno, si imbietta la narice, incastrandovi d'ogni intorno tra essa e la pietra dei pezzetti di legno duro, fintanto che riesca stretta e avviluppata con forza. Le biette si fanno lunghe come la grossezza delle ali della narice; il loro spessore dipende dall'intervallo che si è lasciato tra la narice stessa e la pietra; e devono essere larghe a segno che ne basti una ad ogni lato delle ali. Per assestare stabilmente la narice, bisognerà distribuirle bene le biette, e conficarle robustamente. Anche in questa operazione si farà uso del compasso per esplorare di tanto in tanto se mai la narice sia uscita dalla dirittura, nel qual caso si rimedia inserendo opportunamente fra le biette delle sottili tacche, o copponi. Il legno delle biette e delle tacche deve essere ben secco, quindi si porrà per alcun tempo nella stufa, o si esporrà al sole, se mai si lavora d'estate. Quantunque sia utilissimo che la narice sia incastrata saldamente, pure bisognerà guardarsi a non forare troppo, se non si vuole arrischiare di rompere la pietra.

La narice si imbietta in diverse altre maniere inserendovi del cuojo, del cartoncino, o cose consimili, e tutto allo scopo di operare un più stretto collegamento tra essa e la pietra. Molti nella nostra provincia costumano impiombarla.

È pratica assai opportuna quella di mettere sotto la narice una suola di cartone. A tal uopo, si distende sul fondo dell'incavatura uno strato possibilmente equabile di buona pasta (§ 150), vi si assetta il cartoncino tagliato alla misura dell'incavatura, e su di esso si pone la narice, alla quale si adatta il palo, terminando di sistemarla col mezzo del compasso. Per comprimere convenientemente il cartone, si battono alcuni colpi sulla narice con un mazzuolo di legno. Se invece del cartone si adoperano dei fogli di carta ripiegati gli uni sugli altri, bisognerà tagliarli in modo, che coprano tutta intiera la base dell'incavatura e collocarli ben distesi, altrimenti la macina potrebbe facilmente inclinarsi.

L'esperienza insegna, che le narici posano assai stabilmente su queste suole, e dove non sono adoperate, le pietre cadono sui lati ad ogni poco, o si sollevano notabilmente, nel qual caso non si può rimediarvi senza cavar fuori tutte le volte la narice. Questo si spiega facilmente, osservando che per quanto il fondo dell'incavatura si possa rendere piano, vi restano però sempre delle piccole prominente, non fossero pure che granellini di sabbia: queste si schiacciano quando tutto il peso della macina si aggrava sulla narice, e così quest'ultima perde la posizione esatta che gli si aveva data. Colla pasta invece e col cartone si ricolmano queste inuguaglianze, le piccole prominente premono nel cartone, ma non possono cedere, per cui la narice assicurata con questo metodo non soffre alterazioni nella sua positura.

Alcuni per impostare la prima volta la corritoja sul palo, la fanno scorrere sulla mola dormiente per mezzo di rulli, indi sospendono la narice con una fune addoppiata che accavallano ad un randello posto traverso all'occhio, e dispongono il palo per di sotto convenientemente, in modo che la sua testa infili per diritto la narice, calando la macina con dolcezza. Questa manovra viene indicata chiaramente dalle fig. 508 e 509 meglio che non possa farsi con semplici parole.

§ 211.

L'*auzzatura* è operazione la quale propriamente è di dominio non tanto dell'architettura de' mulini, quanto della molitura, e dei lavori che le sono relativi. L'argomento però è troppo importante, perchè non abbia a meritare qualche considerazione.

Se i piani contrapposti delle macine fossero perfettamente lisci, il grano sarebbe puramente infranto, ma non sarebbe attratto, distribuito su tutta la superficie, e cacciato alla periferia, nè stritolato, e sbucciato perfettamente.

Si inasprano quindi quei piani, intagliandovi col piccone delle scanellature con varia direzione, che si chiamano *incisure*, *tagli* o *solchi*, e da' mugnai del Milanese *cannette* o *scalette*, e la pietra lavorata a questo modo, dicesi *auzzata*, *battuta*, *resa*, *ingorda* o *messa in taglio*: quando poi la pietra è consumata tanto che sieno quasi scomparsi i solchi, dicesi che la macina ha *perduto il taglio*, che è *ottusa*, o *rintuzzata*. In questo caso bisogna rinnovare i solchi, ossia *rimettere la macina in taglio*.

L'auzzatura non si pratica da tutti, nè dovunque alla stessa maniera. In generale i mugnai seguono ciecamente la consuetudine ereditata dai loro avi, o quel metodo che loro sembra il migliore, senza saperne la ragione, dando con ciò a divedere di non conoscere quale e quanta sia l'importanza di questa operazione, e la sua grandissima influenza sulla quantità e qualità del macinato. In Francia prima dell'introduzione della macinazione all'economica, si scarpellavano le macini a colpi perduti, od alla rinfusa, senza osservare alcuna regolata disposizione: questo metodo è il meno vantaggioso, e vedesi adoperato ancora nel Mantovano. Nei dintorni di Parigi, dopo introdotto il nuovo metodo di macinare, la superficie delle macini venne tagliata in modo da presentare delle piccole scanalature dirette sui raggi, e formate dall'incontro di due piani, l'uno normale, o perpendicolare alla superficie generale della mola, e l'altro leggermente inclinato a questa superficie. Queste solcature sono incavate similmente per grandezza e posizione sulle due mole, per cui quando il coperchio è posto sul fondo, e che i piani dei solchi normali alle facce delle mole sieno gli uni a ridosso degli altri, i piani, o le pareti inclinate dei solchi di una delle mole, riescono in direzione opposta ai piani inclinati dei solchi dell'altra. I tagli della corritaja poi devono essere disposti in modo che movendosi, le pareti inclinate sieno le prime a procedere innanzi.

Una maniera analoga è usata qui nel Milanese, se non che le incavature sono poche di numero, ma estese, ed uguali nei due piani macinanti, e comprese fra due orli, od anelli piani.

Se il palmento è destinato alla molitura del frumento, si costuma farne otto delle incavature, come nella fig. 496, e per le mole da grano turco, se ne intagliano ordinarmente dieci. Due di esse arrivano fino al centro per lasciar strada al grano di introdursi fra i piani macinanti: per lo più si fanno lunghe centimetri 23 alli 25, a forma di ventaglio, col fondo a piano inclinato, per la profondità di un centimetro in circa sotto il piano generale della macina, che nel resto è perfettamente orizzontale. I mugnai distinguono le diverse parti della mola con particolari denominazioni, corrispondenti a quelle che in parte abbiamo già indicate, così chiamano *boc-*

chetta l'occhiò della mola, ossia quell'apertura centrale per la quale si introduce il grano; *rosa* quell'anello piano e circolare compreso fra l'occhiò e i solchi, e *binda* quell'altro anello consimile *c*, detto dai Francesi *corona di pressione*, in contatto colla periferia della mola, dove succede il perfetto afarinamento: lo spazio *f* fra la binda e la rosa poi, dove sono scolpite le *scalette d*, ossia le scanalature, chiamasi il *cannello*.

La disposizione dei solchi adottata in Inghilterra, lodata da Navier, è rappresentata colle fig. 497 e 498, di cui la prima è il fondo e l'altra il coperchio.

La superficie di queste macini è scompartita in otto settori, ma si usa dividerla anche in dieci, od undici come nella fig. 506. Le facce delle due mole sono lavorate simmetricamente, cosicchè i solchi s'incrociano, quando sieno in azione, d'onde ne viene agevolata la macinatura. I solchi devono essere tracciati in direzione al moto di rotazione del coperchio, per cui quello rappresentato dalla figura 498 sarà opportuno per un palmento destinato a girare sulla destra. I solchi sono scavati obbliquamente ai raggi; la direzione dei più lunghi viene fissata da un circolo del diametro di 24 centimetri, descritto dal centro, alla cui circonferenza sono tangenti. Gli altri sono paralleli ai primi, e vanno scemando di profondità a misura che si avvicinano alla circonferenza, ove finiscono quasi a confondersi col piano della macina. — *B* è una sezione sulla linea *e d* per dimostrare la forma e le dimensioni dei solchi.

Agli indicati metodi propose il Dransy di sostituire lo scarpellamento a solchi in curvatura, nel modo indicato colla fig. 500.

Da poco tempo comincia a introdursi anche in Francia l'uso dell'auzzatura all'americana, già diffuso presso gli Inglesi. Noi lo esporremo come ci viene riferito dal suo inventore Oliviero Evans (†). *AA'A''O*, fig. 510, rappresenta due compartimenti di una mola auzzata ad ottavi; *BB'B''O* due compartimenti d'auzzatura a dodicesimi; e *CC'O* un settore d'auzzatura centrale. Cominceremo dall'osservare che nell'auzzatura ad ottavi, le solcature brevi, hanno quasi il quartuplo d'eccentricità delle lunghe e s'incrociano come un paio di forbici aperte in modo, che spingono l'oggetto interposto senza tagliarlo: se queste solcature saranno profonde quanto basta, lasceranno scorrere il grano macinato appena entratovi, e faranno gran quantità di tritello. L'auzzatura a dodicesimi sembrerebbe più idonea, ma i solchi brevi, hanno circa il quadruplo d'eccentricità dei lunghi. Costale disposizione dei solchi, non crede l'Evans che possa essere di alcun

(1) *Guide du meunier*, IV-part. § 105; trad. di Benoit.

vantaggio, perchè; come egli giustamente ragiona, quando si potesse determinare l'eccentricità conveniente ai solchi, perchè la farina percorra il raggio della macina nel tempo opportuno, sarebbe naturale di applicarla una tale eccentricità ad ogni solco della macina.

Nell'auzzatura centrale CC' , i solchi hanno tutti la stessa eccentricità, e potendone determinare esattamente il valore, non v'ha dubbio che questo metodo sarebbe il migliore. Ciò posto, l'Evans, per auzzare una macina di un metro e mezzo di diametro, propone la regola seguente:

1.° Si descrivano sul piano macinante due cerchi aa' , ee' , fig. 507, concentrici col perimetro della mola, e aventi ordinatamente di raggio cent. 7,60, e 15,25.

2.° Dividasi la zona di cent. 7,60 compresa dai due cerchi aa' , ee' in altre quattro con tre nuovi cerchi bb' , cc' , dd' equidistanti: i cinque cerchi così tracciati diconsi cerchi direttori.

3.° Dividasi la superficie residua della macina in cinque zone con altri quattro cerchi equidistanti BB' , CC' , DD' , EE' , fra l'occhio ed il lembo estremo della macina.

4.° Si divida la circonferenza della macina in 18 parti uguali, o *compartimenti*.

5.° Prendasi una riga ben diritta, si tirino al circolo direttore aa' , le tangenti che passano per il punto A , e si tracci la AB per indicare la direzione del solco dal punto A del contorno della mola fino al primo circolo concentrico BB' . Si faccia scorrere la riga in modo che rimanendo a contatto col punto A , riesca tangente al circolo direttore bb' , e si prolunghi in BC la traccia della direzione del solco verso il centro, fra i due cerchi BB' e CC' e si continui collo stesso andamento finchè sia tracciata la parte di solco Ea nell'ultima zona.

6.° La curva $ABCDEa$ ottenuta coll'indicato processo servirà di modello, o stampo per tracciare tutti gli altri solchi.

I solchi delineati con questa legge, s'intercedono reciprocamente cogli angoli indicati dalla figura, cioè:

Sul circolo aa' , perimetro dell'occhio della macina	75°
EE'	45°
DD'	35°
CC'	31°
BB'	27°
AA' perimetro della macina	23°

Questi angoli in pratica sono ritenuti i più convenienti per ottenere una regolare macinazione, la quale non sia troppo grossa, nè troppo trita.

Colle punteggiate *hi* si è indicato un solco della corritoja, per far risaltare gli angoli con cui si incroci in ogni punto coi corrispondenti del fondo.

Il tracciamento dei solchi delle macine di grandezza diversa dall'indicata, si eseguirà assumendo circoli direttori proporzionali ai diametri di queste macine. Allora i solchi s'incrocieranno tutti con angoli uguali per tutte le distanze proporzionali, dal centro alla circonferenza delle macine. Se però si riflette che i circoli medj di tutte le macine sono animati da velocità pressochè uguali, per cui le loro forze centrali sono proporzionali reciprocamente ai diametri, bisogna concludere che i solchi delle macine piccole devono avere maggiore eccentricità delle grandi relativamente ai loro diametri.

La forma dell'incavatura de' solchi vista per traverso, è rappresentata dallo spaccato fig. 511; la linea curva *e b* ne esprime il fondo, *b* è il lembo posteriore del solco, ed *e* l'anteriore: il movimento della corritoja segue giusta la direzione della freccia. Se il fondo del solco posteriormente fosse riquadrato, il grano si anniderebbe nell'angolo, e la centrifuga lo farebbe scorrere lungo i solchi, d'onde sortirebbe senza passare fra le parti piane delle macine, e ne sfuggirebbe in parte senz'essere macinato. Il lembo posteriore *b* deve essere scolpito obliquamente per due motivi: 1.^o perchè il grano vi possa essere intromesso: 2.^o acciocchè il solco si faccia più stretto a misura che i piani delle macine si consumano, per poter scolpire il lembo posteriore senza allargar troppo i solchi stessi.

La figura rappresenta lo spaccato di due macine accoppiate; il coperchio si muove secondo la freccia. Quando i solchi combaciano in tutta la larghezza, come in *a*, possono contenere un grano intiero di frumento; quando si trovano nella positura *b* il grano è ammaccato; in *c* è tagliato dai due spigoli posteriori, e le parti piane delle macine finiscono di stritolarlo, come vedesi in *d*.

L'auzzatura si eseguisce con altre regole, facili ad immaginarsi, e di cui ne porge un'idea la fig. 499.

Gli Olandesi e i Tedeschi furono i primi a radiare le macine con solchi in curvatura, siccome furono i primi a considerare e trattare l'argomento con principj desunti da verità geometriche, e basate sulla natura stessa dell'operazione a cui sono destinate le macine. Ne verremo esponendo i metodi in disteso.

I solchi sono fatti a doppio scopo, cioè per attrarre, e diffondere il grano sotto le macine, e per tagliarlo, perciò quelli del fondo devono

avere la direzione ab , fig. 473, e quelli del coperchio macinante quella cd , marcata con punteggiata, supposto che giri dalla parte indicata colla freccia. Se i solchi fossero diretti all'opposto, conservando lo stesso andamento alla corritoja, o viceversa, mantenuta l'indicata direzione dei solchi, girasse la macina all'opposto, il grano che cade nell'occhio, non sarebbe nè attirato, nè sparpagliato fra le macchine.

Considerando attentamente la figura pocanzi citata, si rileva tosto, che ribaltando la corritoja in modo, che il piano macinante riesca al di sopra, i solchi delle due macchine dovranno avere la medesima direzione. Le linee punteggiate segnano in questa e nelle figure che seguono, i solchi della corritoja, mentre le linee ferme dimostrano quelli del fondo, e le frecce servono ad indicare da qual banda gira la corritoja.

I solchi nelle pietre tenere, e per macinare alla grossa, si incavano alla distanza reciproca di mil. 25 alli 35 misurati sulla periferia, e questa si riduce tra i met. 10 e li 12 se la pietra è buona, e d'impasto duro, e per macinare col metodo economico. La profondità si regola secondo le circostanze, essa varia da uno a quattro millimetri; se i solchi sono molto vicini, si fanno poco profondi, ma più acuti e taglienti, diversamente si scantonano subito. Nei mulini a vento in generale le misure sono più risentite; e nei mulini scarsi d'acque, non saranno mai sottili abbastanza.

La curvatura dei solchi non è indifferente, giacchè si tratta di disporli in modo, che l'angolo col quale si tagliano quelli della corritoja con quelli del fondo, sia per quanto è possibile il più confacente, e che tutti gli angoli $c, e, f, g, h \dots$ sieno di una stessa misura.

L'angolo d'intersezione dei solchi non può essere determinato che dall'esperienza. Si supponga che questo angolo ($c, e, f, g, h \dots$ fig. 473) sia retto, ossia di 90° : esso sarà opportunissimo per sparpagliare il grano, ma non per tritularlo: quanto più la linea s'inarca vale a dire quanto più si allargano gli angoli $c, e, f \dots$ sempre più diminuisce l'azione dei solchi, che operano a modo di cunei. Facendo invece i solchi con incurvatura debole, gli angoli $c, e, f \dots$ riescono acuti, attissimi a stritolare, ma poco adattati a distribuire il grano.

Di qui si deduce che l'angolo d'intersecazione dei solchi deve essere compreso fra 0 e 90 gradi. I più intelligenti, e pratici, e fra questi il Neumann (1) ritengono che si abbia a fare di 60° . È però assai probabile, che per ottenere il massimo effetto possibile, convenga modificare alquanto quest'angolo secondo la qualità del grano e della pietra, e la quantità del

(1) Archit. dei Mul., § 179.

Lra. I.

macinato che il mulino deve fornire in un dato tempo. È da desiderarsi che si istituiscano delle esperienze su questo proposito, perchè vi è motivo da credere, che dipenda in gran parte dalla poca esattezza di questo supposto, la discordanza fra i pratici, alcuni dei quali sostengono che la farina si riscaldi allorchè la mola faccia 60 giri al minuto, mentre vi sono dei mulini, dove non si riscalda punto, abbenchè la macina faccia perfino 200 e più rivoluzioni al minuto.

Fintanto che i risultamenti di reiterate osservazioni non abbiano indicato con precisione l'angolo con cui devono intersecarsi i solchi, e le diverse, modificazioni loro applicabili, converrà attenersi all'angolo di 60 gradi, che il Neumann dice adottato generalmente, e ritenuto finora il più conveniente.

Perchè sieno tutti uguali fra loro gli angoli c , e , f , g ... con cui si intersecano i solchi della mola corritoja, e del fondo, bisogna pure che sieno uguali gli angoli formati dai solchi con un raggio rs qualunque, e che la linea dei solchi sia una spirale *logaritmica*, o *logistica*: una delle proprietà di questa linea infatti, è che l'angolo racchiuso dalla sua tangente col raggio vettore, ossia colla retta che indica la distanza polare, è uguale in tutti i punti della linea stessa (1).

Ciò fa vedere come sieno fallaci i metodi usuali di tracciare i solchi ad archi circolari insegnati in una gran parte dei trattati pratici sulla costruzione dei mulini. Ordinariamente l'angolo d'intersezione dei solchi, al centro della macina riesce troppo piccolo, e alla periferia diventa troppo grande. Il mugnajo abile ed esercitato, suole segnare i solchi ad occhio, e si approssima mirabilmente alla curvatura indicata senza il bisogno di seguire alcuna regola.

In molti paesi della Prussia, come osserva il Neumann, si auzzano le macine colla sola specie di taglio, rappresentata nella fig. 473, dove i solchi interciderono i raggi sotto un angolo di 30 gradi. Nelle pietre che si lasciano facilmente, si suole rigare il taglio incidendovi a ridosso delle sottili scanellature trasversali, come è indicato in A , le quali però devono essere meno profonde, e più vicine le une alle altre, dei veri solchi.

In altri luoghi, nella Slesia principalmente si pratica il taglio nei due modi, che indicano le fig. 474 e 475. Il primo dicasi taglio dritto, il secondo taglio curvo. I solchi del taglio curvo interciderono il raggio con un angolo di 45 gradi che il Meissner crede il più vantaggioso (2), e quelli del taglio retto, lo interciderono con un'inclinazione di 15 gradi. Il taglio

(1) *Statics* di Eytelwein, tom. 3.^o, § 83.

(2) *Op. cit.*, § 82.

curvo si applica alla corritoja, ed il taglio retto alla macina dormiente; pare nondimeno che si possa controvertire l'ordine indifferentemente.

Le moltissime volte, massime quando le pietre sono buone, e dure, nella macinatura economica, si scolpisce tanto la corritoja, che il fondo a *doppio taglio*, vale a dire che si fa l'auzzatura applicandovi ad un tempo le due diverse maniere dei solchi superiormente indicate; e si regolano le cose in modo, che ad ogni auzzatura successiva si rimettano in taglio alternativamente i solchi di una sola qualità, vale a dire, che si battano per esempio sulla corritoja i solchi retti, e sul fondo i solchi curvi, o viceversa. Del resto l'auzzatura bisogna rinnovarla prima che nessuno dei tagli sia consumato del tutto. L'auzzatura a doppio taglio sembra adattata specialmente alla macinazione economica.

Perchè il grano possa essere attratto fra le mole più facilmente, usano pure i Tedeschi, come abbiamo veduto praticarsi da noi, di aprire lateralmente all'occhio dei fori o gole, specialmente destinate ad inghiottire il grano che cade dalla tramoggia. Queste gole sono indicate nella fig. 501, *a, b*, in alzata e spaccato.

PROBLEMA PRIMO

Costruire un modello della curva delle striature delle macine colla condizione che essa intersechi il raggio sotto l'angolo costante di 30 gradi.

Si prenda un pezzo di tavola dura, e ben piallata, più larga di alquanti centimetri, e qualche cosa più lunga della metà, cosicchè si possa tracciarvi sopra comodamente un quarto dell'area della macina (e siccome le tavole della larghezza occorrente sono rare, se ne potranno incollare insieme due pezzi di grandezza ordinaria): sulla tavola così preparata, facendo centro in *c*, fig. 477, si descriva l'arco *α*, 18, poco più lungo di un quarto dell'intera circonferenza, e l'arco *m o* con raggio qualche cosa meno di quello dell'occhio della macina.

Dividasi l'arco *α*, 18 in diciotto parti uguali: *a 1*, *1 2*, *2 3*, *3 4*, ecc. e si tirino i raggi *c 1*, *c 2*, *c 3*, ecc. poi si divida la parte *1 2* in altre cinque fra loro uguali: si dimezzi l'ultima di queste suddivisioni in *z*, e la lunghezza *a z*, corrispondente ad $1 \frac{9}{10}$ di una delle parti *a 1*, *1 2*, *2 3*, ecc. si porti da *a* verso *α*, e si conduca la *c α*.

Finalmente si porti la larghezza *m b* da *m* in *n* e si tiri la *n d* partendo dal centro *c*; si porti *n d'* da *n* in *p* e si tiri la *p e*; *p e'* verso *q* e si tiri la *q f*; e così di seguito. Si congiungano con una linea continua e giudi-

ziosamente condotta i punti d'intersezione b, d, e, f, g, h , ecc. e la curva risultante darà la posizione richiesta della striatura, la quale potrà servire per cavarne il modello corrispondente, che vedesi separatamente rappresentato colla fig. 478.

Giova osservare che il punto C del modello deve essere situato in modo, da poterlo assestare sul perno che sporge dall'occhio, dove è infilato precariamente col mezzo di un'assicella. In tal modo il modello si fa girare a piacere sul piano della macina, e si può segnarvi l'andamento delle striature con matita rossa, o nera.

PROBLEMA SECONDO

Costruire un modello per segnare il contorno delle striature rette di una macina, conforme a quelle indicate colla fig. 479, tali cioè che seghino il raggio con angolo costante di 15° .

Si descriva sopra un pancone liscio colla piella, come fu indicato nella soluzione dell'antecedente problema, e conforme alla fig. 479, l'arco $u\ 18$ con un raggio alquanto maggiore di quello della macina, si tiri il raggio $c\ 18$, ed il suo ortogonale ca cosicchè si abbia l'arco $a\ 18$ uguale ad un quarto della circonferenza. In seguito si divida l'arco $a\ 18$ in diciotto parti di grandezza uguale, si tirino i raggi $c\ 1, c\ 2, c\ 3$, ecc. e l'arco circolare mo con raggio minore di quello dell'occhio della macina. Da ultimo si tagli in due parti uguali l'intervallo 45 , e si porti la lunghezza az da a verso u , e conducasi il raggio cu . È evidente che au sarà uguale a quattro e mezza delle diciotto parti in cui fu diviso l'arco $a\ 18$.

Si porti ora l'intervallo mb da m verso n e si tiri nd ; l'intervallo nd' da n verso p , e si descriva pe ; l'intervallo pe' da p in q e si tiri qf , e così via: terminata questa operazione, si potrà condurre pei punti b, d, e, f , ecc. la linea domandata, che servirà per costruire il modello.

PROBLEMA TERZO

Costruire il modello delle striature curve tracciate nella fig. 480, le quali tagliano il raggio con un angolo costante di 45° .

La soluzione è la stessa del problema secondo, variando solamente, come lo indica la fig. 480, la lunghezza au , che in questo caso può prendersi uguale ad $a\ 1$. Del resto, quivi pure si prende l'intervallo mb , e si segna da m verso n ; indi l'intervallo nd' che si segna da n in p , ripetendo la stessa operazione quante volte occorre; e pei punti b, d, e, f , ecc. si fa passare la linea sulla quale va descritto il modello.

Dall' indicato metodo di costruzione si rileva ben tosto che per avere le striature più o meno ricurve, basta modificare convenevolmente la grandezza di αu . Il modello potrà farsi grande come si desidera, e secondo gli usi a cui dev'essere servire, anzi volendo, ne basterà uno solo per diverse grandezze di macchine.

COROLLARIO. Le linee trovate coi metodi esposti, si approssimano alla spirale logaritmica, quel tanto che basta nella pratica.

Eccone la dimostrazione.

ac e bc , fig. 481, sieno due raggi i quali formino l'angolo centrale Φ , e racchiudano cogli archi ab , e de il quadrilatero mistilineo $abde$. L'altezza ca , è incognita: noi quindi cercheremo il suo rapporto colla larghezza de , affinchè la retta condotta dall'angolo d all'angolo b tagli il raggio cf corrispondente al punto di mezzo dell'arco ab , sotto un angolo determinato α .

Figuriamoci l'angolo Φ talmente piccolo, da potere senza sensibile errore considerare come rette gli archi de ed ab . Si dividano per giusta metà in k ed l le ad , e be e poi punti di mezzo così segnati si facciano passare le $d'a'$, $e'b'$ parallele a gf , e si tiri la diagonale $d'b'$; pongasi inoltre $de = p$, e $gf = da = eb = h$, avremo:

$$aa' = bb' = dd' = ee'; \text{ l'angolo } aka' = b'lb = \frac{1}{2} \Phi$$

$$\text{e l'angolo } a'd'b' = d'm'g = dmg = \alpha.$$

Dal quadrilatero $a'd'e'b'$ si desume puranco

$$a'b' = a'd' \text{ tang. } \alpha; \text{ ma}$$

$$a'b' = d'e' = de + dd' + ee' = p + 2aa', \text{ ossia}$$

$$a'b' = p + 2ak \text{ tang. } \frac{1}{2} \Phi = p + h \text{ tang. } \frac{1}{2} \Phi.$$

Suppongasì anziandio:

$$a'd' = ad = h \text{ e diventerà}$$

$$p + h \text{ tang. } \frac{1}{2} \Phi = h \text{ tang. } \alpha, \text{ ossia}$$

$$h \left(\text{tang. } \alpha - \text{tang. } \frac{1}{2} \Phi \right) = p, \text{ ed}$$

$$h = \frac{p}{\text{tang. } \alpha - \text{tang. } \frac{1}{2} \Phi}$$

Dalla quale equazione si trae l'analogia

$$p:h = 1 : \frac{1}{\text{tang. } \alpha - \text{tang. } \frac{1}{2} \varphi}$$

Si divida ora il quadrante in diciotto parti, come si è fatto nelle costruzioni grafiche poc' anzi insegnate, ed avremo

$$\varphi = \frac{90^\circ}{18} = 5^\circ.$$

Facendo $\alpha = 15^\circ$, come nel secondo problema, si trova

$$h = \frac{1}{\text{tang. } 15^\circ - \text{tang. } 2^\circ, 30'} p, \text{ ossia}$$

$$h = 4,4585 p. \text{ In pratica basterà ritenere}$$

$h = 4,5 p$, tanto più che nella fig. 479, invece degli archi mb , nd' , ecc. si sono misurate le corde portandole ordinatamente sovra mn , np , ecc.

Per $\alpha = 30^\circ$, come si è supposto nel primo problema, l'equazione diventa

$$h = \frac{1}{\text{tang. } 30^\circ - \text{tang. } 2^\circ, 30'} p \text{ ossia}$$

$$h = 1,87376 p, \text{ e per le ragioni addotte potrà prendersi } h = 1,9 p.$$

Per $\alpha = 45^\circ$ che è il caso del terzo problema, abbiamo

$$h = \frac{1}{\text{tang. } 45^\circ - \text{tang. } 2^\circ, 30'} p, \text{ ossia}$$

$$h = 1,0457 p, \text{ a cui potremo sostituire } h = p. \text{ Procedendo colla più}$$

scrupolosa esattezza, si dovrebbe aggiungervi $\frac{1}{20}$ e quindi fare

$$au = \left(1 + \frac{1}{20}\right) a \text{ nel tracciamento delineato nella fig. 480.}$$

La tabella che segue, comprende i valori di $h = \frac{1}{\text{tang. } \alpha - \text{tang. } \frac{1}{2} \varphi} p$

nella ipotesi di $p = 1$ e $\varphi = 5^\circ$, calcolati da cinque in cinque gradi, cominciando da $\alpha = 15^\circ$ ad $\alpha = 45^\circ$ inclusivamente.

α	h	$\left(\frac{1}{2} \text{ tang. } \alpha - \alpha \text{ tang. } \frac{1}{2} \varphi\right) h$
15	4,4585	
20	3,1218	
25	2,3605	
30	1,8737	
35	1,5231	
40	1,2572	
45	1,0457	

Questa tavola ha servito a determinare i valori di au nelle fig. 477, 479 e 480, secondo il grado dell'angolo con cui le striature incontrano il raggio della macina, e potrà servire anche nel supposto che varj l'angolo stesso, purchè sia tra quelli calcolati nella nostra tabella.

Se α dovesse farsi minore di 15° , bisognerebbe supporre più piccolo anche φ . Prendasi per esempio $\varphi = 3^\circ$, in questo caso invece di dividere il quadrante in diciotto parti, converrà dividerlo in trenta. Se h per un qualche valore di φ diventasse maggiore anche di $4^\circ, 30'$, allora per non allontanarsi troppo dalla precisione, invece delle corde mb, nd, pe , ecc. bisognerà prenderne gli archi, per determinare gli intervalli mn, np , ecc. Nella massima parte dei casi basterà dividere l'arco in due parti uguali.

Volendo trovare, e delineare coi principj forniti dall'analisi le linee che determinano l'andamento delle scanellature potremo valerci delle formole sviluppatte nel § 81 e seguenti del terzo volume della Statica di Eytelwein.

L'equazione della spirale logaritmica, detta altrimenti con vocabolo ora disusato, logistica, è secondo quell'autore

$$1) \quad \log. z = \frac{\varphi \log. a}{2\pi}$$

e denominando φ l'angolo formato dalla tangente col raggio vettore (§ 83 dell'op. cit.) si trova

$$2) \quad \text{tang. } \varphi = \frac{2\pi m}{\log. a}.$$

Dall'equazione 2) si ricava

$$\log. a = \frac{2\pi m}{\text{tang. } \varphi};$$

si sostituisce questo valore nella equazione 1), e ad φ che rappresenta l'angolo della tangente colla linea della distanza polare, o ciò che vale lo stesso, l'angolo che formano le striature col raggio della macina, si surrogli l' α come nell'antecedente corollario: ciò fatto avremo

$$\log. z = \frac{\varphi}{2\pi} \cdot \frac{2\pi m}{\text{tang. } \alpha},$$

$$\text{oppure, ponendo } \frac{\varphi}{2\pi} = \frac{\varphi^\circ}{360},$$

$$\log. z = 360 \text{ tang. } \alpha \cdot \frac{2\pi m}{360 \text{ tang. } \alpha} \frac{\varphi^\circ}{360},$$

e siccome la m indica il modulo del sistema logaritmico, e questo nel si-

stema de' logaritmi tavolari, o briggiani è $\approx 0,43429448$, così ritenuti i logaritmi indicati, avremo

$$\frac{2\pi m}{360} = 0,00757987, \quad e$$

$$\log. z = \frac{0,00757987}{\text{tang. } \alpha} \phi^{\circ}, \quad \text{dove}$$

α è l'angolo costante formato dalle striature col raggio della macchina;
 ϕ il numero dei gradi dell'angolo al centro del cerchio fondamentale, racchiuso dal raggio corrispondente all'origine, e da quello che coincide colla linea della distanza polare; e

z è la distanza polare, od il raggio vettore.

Il raggio del cerchio fondamentale si suppone uguale all'unità. Ora, se nella fig. 482 supporremo in a' l'origine della spirale, e che AB sia il cerchio fondamentale, avremo

$$AC = a'C = 1$$

$$a'b'C = b'c'C = c'd'C, \text{ ecc.} = \phi$$

$$aCb, aCc, aCd, \text{ ecc.} = \psi, \quad e \frac{0,00757987}{\text{tang. } \alpha} = z$$

$$Cb', Cc', Cd', \text{ ecc.} = z$$

Facendo $\alpha = 15^{\circ}$, diventa

$$\log. z = 0,028288 \phi.$$

Con $\alpha = 30^{\circ}$ si ha

$$\log. z = 0,013129 \phi, \quad e$$

per $\alpha = 45^{\circ}$,

$$\log. z = 0,0075799 \phi.$$

La sottoposta tabella dà i valori di $\frac{0,00757987}{\text{tang. } \alpha}$, da $\alpha = 10^{\circ}$ fino ad $\alpha = 45^{\circ}$, calcolati ogni cinque.

α	$\frac{0,00757987}{\text{tang. } \alpha}$	α	$\frac{0,00757987}{\text{tang. } \alpha}$
10°	0,0429876	30°	0,0131287
15	0,0282885	35	0,0108252
20	0,0208255	40	0,0090333
25	0,0162551	45	0,0075799

Per formare il modello si potrà seguire un metodo analogo a quelli già esposti. Si descriva sopra una tavola convenientemente preparata, e come indica la fig. 482 l'arco ED , facendo centro in C con raggio alquanto più lunghetto di quello della macina, e l'arco AB con raggio minore di quello dell'occhio. Poscia si tiri la linea CD , e perpendicolare a queste la aC ; si divida l'arco aD in diciotto parti uguali, e si conducano i raggi bC , cC , dC , ecc., ed avremo l'angolo $aCb = 5^\circ$, $aCc = 10^\circ$, $aCd = 15^\circ$, $aCe = 20^\circ$ e così di seguito.

Si consideri AB come circolo fondamentale, ritenendo il suo raggio $AC = a'C = 1$; si delinei la scala ticonica M sur una tavoletta separata, o sopra quella stessa che serve per il modello, la quale abbia l'intervallo $a'C$ diviso in 100 particelle uguali. Si prendano su questa scala i valori di z trovati colla formola precedente, e si marchino da C verso b' , c' , d' ... ecc., indi si conducano gli archi $b'b''$, $c'c''$, $d'd''$... ecc., e la linea richiesta sarà quella che passa pei punti a' , b' , c' , d' ... ecc.

Vogliasi fare per esempio $\alpha = 30^\circ$, troveremo nella tabella ultimamente esposta

$\log. z = 0,0131287 \psi$,
e sostituendo in luogo di ψ i corrispondenti valori degli angoli
 $aCb = 5^\circ$, $aCc = 10^\circ$, $aCd = 15^\circ$, ecc., si ottiene per
 $\psi = 5^\circ$, $z = 1,1632 = Cb'$
 $\psi = 10^\circ$, $z = 1,3538 = Cc'$
 $\psi = 15^\circ$, $z = 1,5737 = Cd'$, ecc.

Ora, servendoci della scala M , si segnino sulla Ca le lunghezze 1,16; 1,35; 1,57, ecc. partendo sempre dal punto C ; le quali saranno ordinatamente rappresentate da Cb'' , Cc'' , Cd'' , ecc.

Il raggio del cerchio fondamentale nel nostro caso non è suscettibile di essere diviso in più di cento parti, perchè supponendolo per un esempio di 1 decimetro, ciascuna di queste parti equivalerebbe ad un millimetro. Questo raggio poi suole assumersi anche più piccolo.

Le tre tabelle seguenti, contengono i valori di z corrispondenti rispettivamente a quelli di $\alpha = 15^\circ$, 30° e 45° , e di $\psi = 5^\circ$, 10° , 15° , ecc. che si hanno dividendo il quadrante in diciotto parti.

Colla scorta di questi dati potremo segnare i punti b' , c' , d' , ecc. che daranno la spirale domandata.

Al valore di $\alpha = 15^\circ$ corrisponde quello di $\log. z = 0,0282885 \psi$.

ψ	z	ψ	z	ψ	z
0	1,0000	15	2,6568	30	7,0576
5	1,3850	20	3,6794	35	9,7746
10	1,9182	25	5,0958	40	13,5380

Al valore di $\alpha = 30^\circ$ corrisponde quello di $\log. z = 0,0131287 \psi$.

ψ	z	ψ	z	ψ	z
0	1,0000	30	2,4766	60	6,1337
5	1,1632	35	2,8806	65	7,1345
10	1,3530	40	3,3508	70	8,2987
15	1,5737	45	3,8975	75	9,6528
20	1,8305	50	4,5335	80	11,2278
25	2,1292	55	5,2732	85	13,0599

Al valore di $\alpha = 45^\circ$, corrisponde quello di $\log. z = 0,0075799 \psi$.

ψ	z	ψ	z	ψ	z
0	1,0000	50	2,3933	100	5,7278
5	1,0912	55	2,6115	105	6,2502
10	1,1907	60	2,8497	110	6,8201
15	1,2993	65	3,1095	115	7,4420
20	1,4177	70	3,3931	120	8,1206
25	1,5474	75	3,7025	125	8,8611
30	1,6881	80	4,0401	130	9,6691
35	1,8420	85	4,4085	135	10,5508
40	2,0100	90	4,8105	140	11,5129
45	2,1933	95	5,2492	145	12,5628

Istessamente si potranno estendere le tavole ai valori di α compresi fra quelli da noi contemplati, quando se ne presenti il bisogno.

Se il raggio del circolo fondamentale si tenesse più grande di quello dell'occhio, l'origine α della spirale cadrebbe nell'interno del suddetto circolo fondamentale; in allora per segnare la parte interna, bisognerà dividere l'arco αE opposto a quello finora considerato, negli intervalli $\alpha v, v u, u x$, ecc. uguali ad $\alpha b, b c$, ecc. e tirare i raggi $v C, u C, x C$, ecc. che formeranno gli angoli $\alpha C v = 5^\circ, \alpha C u = 10^\circ$, ecc., questi gradi ψ però, saranno contrassegnati col segno negativo.

Facendo per esempio $\alpha = 30^\circ$, e $\psi = -5^\circ$ si ottiene $\log. z = -0,0656435 = 0,9343565 - 1$, ossia $z = 0,8597$, ecc.

Nelle occorrenze ordinarie per altro potremo sempre fare il raggio del circolo fondamentale minore di quello dell'occhio, ossia meno di un decimetro.

La velocità delle macini (§ 51) è un elemento assai importante e necessario nella costruzione di un mulino. Per *velocità*, o *passo della macina* si intende il cammino percorso in un dato intervallo di tempo da uno dei punti della circonferenza media, ossia dal centro di resistenza. Fabre e Belidoro suppongono che tale circonferenza sia quella che corrisponde a $\frac{2}{3}$ del raggio della macina stessa; i Tedeschi invece, essendo le loro macini di un diametro molto più piccolo, collocano il centro di resistenza alla metà del raggio.

Questa velocità ha la massima influenza sulla qualità del macinato. Se la mola gira troppo rapida, la farina riesce grossa, e meno bianca: se alla grande velocità si unisce anche la soverchia leggerezza della mola, la farina beve minor quantità d'acqua, è meno gustosa, meno nutriente e meno sana: che se la mola è bassa, e gira troppo adagio, non si distacca la crusca, la quale resta macinata e mista alla farina, come si usa pel pane da munizione. Macinando grano non troppo stagionato con una mola bassa e che giri assai rapida, le macini s'impastano o si ingrassano (1).

Belidoro e Fabre in Francia, Wiebeking e molti altri scrittori in Germania, hanno pubblicate diverse esperienze relative a questo argomento. Col mulino di la Fère che è dato per modello da Belidoro, una mola del diametro di sei piedi faceva 53 giri al minuto (2); egli perciò stabilisce che una mola perchè non riscaldi la farina non deve sorpassare li 60 giri al minuto (3). Il Fabre (4) limita il numero delle rivoluzioni di una mola di 5 piedi (met. 1,62) dalle 48 alle 61, ogni minuto, perchè la farina riesca ben condizionata: crescendo la velocità sino alle 68, 81 e 95 rivoluzioni, egli osservò che il riscaldamento della farina rendevasi sempre più notabile, ed anche il pane che se ne faceva era sempre più cattivo. Wiebeking ne' suoi supplimenti all'Architettura idraulica pratica (5) porge una tavola di osservazioni da lui fatte sui migliori mulini della Pomerania e sul Reno, daddove si ricava che le rivoluzioni delle macine, crescono assai prossimamente nella ragione reciproca dei loro diametri. Il passo ordinario, dai pratici Lombardi, si calcola dai 100 ai 130 giri al minuto, cosicchè per una mola del diametro medio di met. 1,40 potrà ritenersi di 115.

(1) Benoit, *Man. de Meunier*. vol. 2.^o, pag. 412.

(2) *Archit. hydr.* tom. 1, § 656.

(3) *Ivi*, § 638.

(4) *Essai sur la construct. ecc.* § 388.

(5) *Beyträge zur praktischen Wasserbau*, sez. VI, pag. 159.

" Dalle esposte osservazioni si rileva che le macchine in Francia sono coordinate in modo di avere una velocità alla circonferenza di met. 4,07, ai met. 5,17 al minuto secondo, ossia per ragguaglio met. 4,62.

In Boemia dove le macchine sono piccolissime, non avendo di diametro che 75 a 90 centimetri al più, si imprime loro una velocità di 180 giri al minuto alle più piccole, e di 150 alle più grandi, donde si desume la velocità circonferenziale di met. 7,72 ad un dipresso: da noi è di circa met. 8,43.

Ma vogliamo ora stabilire colla scorta dell'esperienza la velocità da assegnare al centro di resistenza delle mole; riferiremo quindi le notizie che abbiamo potute raccogliere, osservando che nelle calcolazioni analoghe si è ritenuto, come fu già detto, che il centro stesso sia situato nelle macchine francesi e nelle nostre a $\frac{2}{3}$ del raggio e nelle tedesche alla sua metà.

Numero d'ordine	Diametro della macina	Numero dei giri in 1'	Velocità media corrispondente al centro di resistenza in 1" coi calcoli di			Citazioni ed osservazioni
			Navier (1)	Cadolini	Masetti (2)	
	Metri	Numero	Metri	Metri	Metri	
1	2,00	60	4,19		4,189	Velocità più conveniente agli ordinari mulini secondo Belidor, § 638.
2	1,959	$53 \frac{1}{3}$	3,61		3,628	Velocità del mulino di La Fère. Questi sono i limiti ai quali Malouin consiglia di attenersi. <i>Art du meunier</i> .
3		148	5,97		5,782	Velocità di due mulini esaminati da Lambert (<i>Accad. di Berlino</i> 1775).
4		150	6,02		5,919	
5		48	2,72		2,721	Limiti della velocità alla quale si può spingere una mola senza riscaldare la farina, desunti dalle osservazioni di Fabre superiormente citate.
6		61	3,46		3,458	
7			6,09			Velocità di uno dei mulini di Bassac esaminato da Marivetz (<i>Observations sur quelques objets d'utilité publique</i> , pag. 168).
8	1,524	90	4,79		4,788	Velocità che i pratici inglesi, secondo Fenwick, considerano la più opportuna per una mola delle controindicate dimensioni.
9	1,3304	96			4,458	Molino di Bologna esaminato da Musetti, <i>Trattato delle ruote idraul.</i> § 60.
10	1,32	86			3,963	Altro mulino nelle vicinanze di Bologna, con ruote a catini, osservato dallo stesso, § 66.
11			4,00		4,50	Velocità da assegnare al centro di resistenza delle mole, come quella che si ritiene la più conveniente, dai due sullodati autori Navier e Masetti: Nota (di) all' <i>Archit. idr.</i> di Belidor, e trattato sudd. § 72.

(1) Nota (di) al vol. I dell'*Arch. idr.* di Belidor.(2) *Trattato delle ruote idr.*

Numero d'ordine	Diametro della macina	Numero dei giri in 1'	Velocità media corrispondente al centro di resistenza in 1" coi calcoli di			Citazioni ed osservazioni
			Navier	Cadolini	Maselli	
	Metri	Numero	Metri	Metri	Metri	
						Velocità rilevata da mie proprie osservazioni delle macine di alcuni mulini posti in Milano e nelle vicinanze.
12	1,29	132		5,943		Molino Beatrice sulla fossa interna al sostegno grande di S. Marco.
13	1,387	108		5,202		Molino Marcellino sulla fossa interna al sostegno piccolo di S. Marco.
14	1,337	132		6,138		Molino di Porta Orientale, ora distrutto.
15	1,288	126		5,649		Molino di Porta Tosa sulla Roggia Borgognone che si deriva dalla fossa interna.
16	1,337	114		5,301		Molino della Ceresa fuori di Porta Ticinese sulla Roggia Magolta, detta anche S. Bonifort, che si deriva alla destra del naviglio grande.
17	1,337	100		4,650		Molino della Traversera situato sulla roggia suddetta.
18	1,288	108		4,842		Primo mulino della Barona fuori di Porta Ticinese sullo scaricatore del naviglio grande a S. Cristoforo dove ha principio il Lambro meridionale.
19	1,31	126		5,754		Molino Gandino fuori di Porta Ticinese sulla Roggia Gandina, detta anche Cavo Belgiojoso, che si deriva dal naviglio di Pavia al di sopra del sostegno detto la Conchetta.

Prendendo un medio delle osservazioni fatte sui nostri mulini, si avrebbe la velocità della macina corrispondente al centro di resistenza, di met. 5,40 prossimamente, il qual valore sarebbe d'assai superiore a quelli stabiliti da Navier e da Masetti, e riportati al N.º 11 del presente Quadro. — Combinando questo valore con quello proposto dal Masetti, riterremo nei nostri calcoli la velocità del centro di resistenza equivalente a met. 5,00 ogni secondo.

È utilissimo, anzi essenziale, per minorare possibilmente le perdite di forza viva che il movimento delle macine sia ridotto per quanto è fattibile all'uniformità. — Diversi apparati furono proposti a questo effetto; il più semplice e insieme il più ingegnoso è ancora quello usato dagli Inglesi, il quale non è che una applicazione del pendolo conico, adoperato, come sappiamo in diversi altri meccanismi a fare l'ufficio di regolatore. Questo pendolo è applicato all'asse stesso della macina corrente, fig. 521, e quando il moto diviene troppo rapido, le palle del pendolo si discostano e fanno alzare una delle estremità di una leva congiunta all'asta che sostiene un capo del registro: ciò fa abbassare la macina, e produce un aumento di attrito col quale viene ad essere moderata la velocità.

§ 213.

L'esperienza ha dimostrato che il peso delle mole corritoje deve essere proporzionale alla superficie macinante. Il Fabre (1) osserva che la quantità di grano sparso nella corona di pressione deve essere proporzionale alla superficie della medesima: ma perchè ciascun grano sia sempre premuto colla stessa forza, bisogna che il peso comprimente sia proporzionale al numero delle parti compresse, cioè alla quantità di grano che si trova sotto la corona di pressione. Dunque l'area della corona di pressione deve essere proporzionale al peso della macina colle sue appendici. Per determinare il limite più conveniente del peso da assegnare alle mole per ogni metro quadrato dell'area macinante, riferiremo le indicazioni che abbiamo raccolte in proposito da diversi autori, con alcune nostre osservazioni.

(1) Op. cit. § 274.

Num. d'ordine	Mulino osservato	Peso della mola per ogni metro quadrato secondo			Citazioni
		Navier	Masetti	Cadolini	
		Chil.	Chil.	Chil.	
1	Molino di La Fère.	713	713	—	Belidor, <i>Arch. idr.</i> § 651.
2	Due mulini esaminati { 1.° da Lambert { 2.°	743 862	786 893	— —	Atti dell'Accademia di Berlino del 1775.
3	Secondo Malouin, <i>Art du meunier</i>	600	—	—	Riferito da Navier alla nota (di) del vol. I del- l' <i>Arch. idr.</i> di Belidor.
4	Per un mulino disposto a lavorare nel modo il più proficuo	942	942	—	Osservazioni di Fabre: <i>Essai sur la constr. ec.</i> § 389.
5	Per avere buona farina col minimo peso come nel caso di una mola del dia- metro di 0,89 e del peso di chil. 700.	749	942	—	Lo stesso, § 392.
6	Secondo i principj di Brew- ster	1070	—	—	<i>Fergussons lectures</i> , vol. 2, pag. 160.
7	Termine medio adottato da Navier	850	—	—	Nota (di).
8	Molino di Bologna con ma- cina di travertine.	—	934	—	Osservazioni di Masetti: <i>Traitato delle ruote idr.</i> § 60.
9	Molino con ruota a catini ne' contorni di Bologna .	—	892	—	Lo stesso, § 66.
10	Termine medio adottato da Masetti	—	860	—	Op. cit. § 71.
11	Una macina del Milanese, del diametro di met. 1,30, alta 0,25 fu trovata pesare lib. grosse 1500 (chil. 1140), equivarrà quindi a	—	—	857	
12	In Toscana, una macina del diametro di met. 1,60, alta centim. 32 pesa lib. 4000 in circa (chil. 1356); si ha quindi per un met. quad.	—	—	678	Focacchi, sulle <i>Cateratte oscillanti</i> , § XXVI.
13	In Sassonia una mola di met. 1,15, pesa chil. 450, corrispondenti a	—	—	450	Benoit, <i>Manuel du me- nier</i> , vol. 2, p. 412.

Nei nostri calcoli ci atterremo al termine medio adottato da Masetti, come quello che si avvicina maggiormente ai risultamenti dell'esperienza relativi alla pratica milanese.

Non farà meraviglia il valore trovato per le mole usate in Sassonia, sapendo che quivi, come in quasi tutta la Germania, si costumano mole assai piccole, alle quali in compenso si dà una velocità grandissima, per averne effetti corrispondenti a quelle di grande dimensione, insegnandoci il Fabre (1) che alla quantità d'azione che si perderebbe scemando il peso della mola, si ripara aumentando la sua velocità di rotazione.

Siccome diminuendo il peso della macina diminuisce proporzionalmente anche l'effetto utile del mulino, cioè la quantità del macinato che può produrre (2), così fu proposto di supplirvi sopracaricando le macine con pesi addizionali. Alcuni pertanto usano aggravarle con altra pietra collegata con leghe di ferro, o le ricingono semplicemente con cerchioni pesanti di ferro, oppure, come sogliono praticare comunemente i Francesi, vi distendono sopra uno strato di gesso stemperato con birra, o con acqua di colla, in altezza da equiparare la differenza fra il peso specifico della porzione di pietra di cui fa le veci, e del gesso medesimo (3).

§ 214.

L'effetto meccanico, ossia la quantità d'azione di una macina si misura dal prodotto della velocità con cui gira, per una parte del suo peso assoluto. Infatti la corritoja è sostenuta sulla mola inferiore a *tocco* e *non tocco* dal palo che la sorregge nel centro, per cui la sua gravità non opera intieramente alla macinazione del grano.

L'esperienza insegna che se due macini hanno la medesima velocità, e masse disuguali, i loro effetti, sono pressappoco in proporzione delle masse, o pesi delle medesime.

Si osserva eziandio che il prodotto scema col diminuire la grossezza delle macini. Tali diminuzioni secondo il Belidoro sarebbero rispettivamente proporzionali (4).

Si deduce quindi, e lo conferma l'esperienza, che l'effetto di due macini di grossezze diverse, sono come i prodotti delle loro masse per le celerità rispettive, cioè in ragione composta delle une e delle altre.

Vediamo ora col fatto quale sia la quantità di farina, ossia l'effetto meccanico che può produrre un mulino qualunque in un minuto secondo.

(1) Op. cit. § 270.

(2) Belidor, *Arch. idr.* vol. I, § 636, e Masetti, op. cit. § 82.

(3) Fabre, art. 296. — Meissner, *Bau der Mahlmühlen*, § 87. — Masetti, l. c. — Navier, nota (dh).

(4) *Archit. idr.* §§ 636 al 638.

Numero d'ordine	Mulini esaminati	Forza imple- gata	Velocità al punto di appli- cazione	Effetto osservato in un'ora	Effetto calcolato per ogni 1"	Citazioni
		<i>Chil.</i>	<i>Met.</i>	<i>Chil.</i>	<i>Chil.</i>	
1	Al mulino di La Fère . .	105,0426	3,628	183,60	0,1338	Belidoro, <i>Arch. idr.</i> vol. 1, § 656.
2	Mulino in Bologna . . .	67,4917	4,458	144,72	0,1336	Masetti, <i>Ruote idraul.</i> § 74.
3	Primo mulino osservato da Lambert	93,36	5,782	194,91	0,1002	Atti dell'Accad. di Berlino per il 1775.
4	Mulino orizzontale descritto da Fabre	87,89	2,721	191,00	0,2217	Fabre, <i>Constr. des mach.</i> § 388.
5	Mulino ne' contorni di Bologna	55,4896	3,963	144,74	0,1828	Masetti, op. e l. c.
6	Mulino di Nun-Eaton . .	.....	.....	.....	0,1017	Desagul. <i>Cours de physiq.</i> ecc. trad. dall'inglese del P. Perrenet, vol. 2, p. 526.
7	Mulini a vento: quando la velocità del vento sia di met. 5,8471 e le macchine facciano 60 giri al 1' . .	.....	.....	.....	0,2371	Osservazioni di Conlomb, <i>Atti dell'Accad. delle scienze di Parigi</i> , 1781.
8	Osservazioni di Fenwick, dalle quali risulta che un peso di 300 lib. <i>avoir du poids</i> = chil. 136,0845 elevate a 210 piedi = metri 64,0078 al minuto macina un <i>boll</i> di grano ogni ora. Questa misura corrisponde a 4 <i>buskell</i> di Winchester del peso di lib. 57 = chil. 25,836 donde si ricava l'effetto corrispondente di . . . . .	.....	.....	.....	0,1979	Fenwick, <i>Essays on practical mechanics</i> 1802, p. 60.
9	Lo stesso peso di chilogrammi 136,0845 elevato a 865 piedi = met. 263,6511 in un minuto, macina 5 <i>boll</i> di grano ogni ora, equivalenti a . . . . .	.....	.....	.....	0,2402	
10	Un effetto di 750000 chil. \times met. macina uno stajo (<i>seder</i>) di grano, ossia lib. 240 = chil. 117,48, avremo dunque . . . . .	.....	.....	.....	0,1566	Gius. Montgolfier, <i>Journ. de l'école polytechniq.</i> fasc. 14, p. 290.

Num.° d'ordine	Mulini esaminati	Forza impiegata	Velocità al punto di applicazione	Effetto osservato in un'ora	Effetto calcolato per ogni 1"	Citazioni
		<i>Chil.</i>	<i>Met.</i>	<i>Chil.</i>	<i>Chil.</i>	
11	Nei mulini presso Soest posti sul Soesterbach, il momento meccanico della forza della prima ruota, misurato con un dinamometro esatto, fu trovato di lib. 1048; innalzate ad un piede, ciò che equivale alla forza di due cavalli, ed ogni ora si macinavano lib. 194 di grano. La corritoja compiva 75 rivoluzioni al minuto; non è indicato il suo diametro. L'effetto sarà quindi di,	.....	.....	.....	0,1633	Risultamenti di sperienze accuratissime istituite negli anni 1828 e 1829 da Egen, e riferite da Gerstern nel suo <i>Manuale di meccanica</i> , v. II, § 269. I dati contro esposti sono in misure di Colonia, ed i calcoli relativi sono stabiliti coi seguenti ragguagli: 1 lib. di Colonia = chil. 0,467453 1 piede del Reno = met. 0,313854
12	Negli stessi mulini fu trovato il momento meccanico della seconda ruota di lib. 1120 ed il prodotto corrispondente ogni ora di lib. 189,20, la corritoja faceva 64 giri al minuto.	.....	.....	.....	0,1498	lib. di Colonia < piede del Reno = chil. X metri 0,1467198.
13	Al mulino di Lohne presso Soest furono macinate 164 libbre di grano col momento meccanico di 900	.....	.....	.....	0,1612	Forza-Cavallo secondo Egen = libb. colon. 520 elevate ad un piede, ossia chil. X m. 76,284
14	Nello stabilimento di Mandslay in Londra, mosso con macchina a vapore, della forza di 16 cavalli ogni macina produce giornalmente libbre 250 di farina. Le pietre hanno quattro piedi di diametro, ma compiono da 115 a 120 giri al minuto.	.....	.....	.....	0,2659	Egen osserva che i mulini della Vestfalia Renana renderebbero quasi lo stesso se l'attrito dei macchinismi non fosse troppo grande relativamente al lavoro tenue che fanno.

Da tutti questi risultamenti si può conchiudere che l'effetto medio di uno sforzo corrispondente a mille chilogrammi alzati ad un metro, equivale al prodotto di chil. 0,1747 di farina ogni minuto secondo, o assai prossimamente di chil. 0,18 che è il valore medio ritenuto anche da Navier nella nota (di) al volume I dell'Architettura idraulica di Belidor.

§ 215.

Malgrado le considerazioni esposte al § 51 sulla difficoltà di rendersi esatta ragione di tutta la serie degli elementi che dovrebbero influire nella determinazione del grado di velocità a cui vogliono essere coordinate le macine perchè soddisfino adeguatamente all'ufficio loro, e premesso che lo sforzo necessario per far girare una macina, supposto applicato ai due terzi del suo raggio, possa essere valutato per ragguaglio ad $\frac{1}{22}$ del peso della macina col suo corredo, come ammette il Navier (1), ci faremo colla scorta dei fatti raccolti nei paragrafi antecedenti a stabilire le espressioni generali per trovare la soluzione di questo problema relativo alla velocità, come anche per desumere in ogni caso il peso più confacente da assegnare alla mola corritoja, lo sforzo esercitato ai $\frac{2}{3}$ del raggio, e finalmente la quantità d'azione impiegata ad ogni secondo per mantenerla in movimento.

Chiamato pertanto r il raggio della macina, n il numero delle rivoluzioni in un secondo, v la velocità media del centro di resistenza; P il peso; Q la forza applicata, troveremo primieramente il numero delle rivoluzioni espresso da.

$$(a) \quad N = \frac{5,00}{\frac{3}{4} \pi r} = \frac{1,194}{r}$$

Il peso della macina compresa l'armatura, ritenuto che ogni metro quadrato della superficie macinante deve essere aggravato da un peso di chil. 860, § 213, sarà:

$$(b) \quad P = 860 \pi r^2 = \text{Chil. } 2701,766 r^2.$$

Lo sforzo esercitato ai due terzi del raggio trovasi rappresentato da

$$(c) \quad Q = \frac{1}{22} 2701,767 r^2 = 122,81 r^2$$

(1) Nota (di) al vol. I dell'Arch. idr. di Belidor.

e finalmente la quantità d'azione necessaria ad ogni secondo per farla girare

$$(d) \quad Qv = \text{Chil. } 122,81 \cdot d^2 \cdot 5 = \text{Chil. } \times \text{met. } 614,05 \text{ } r^2.$$

APPLICAZIONE. — Si vuole stabilire un mulino con macini del diametro di met. 1,40.

Si domanda quale dovrà essere il loro peso, e quale la velocità perchè si ottenga l'effetto il più conveniente dalla loro azione?

Abbiamo $r = 0,70$; sostituendo ordinatamente questo valore nelle formole (a), (b) troveremo:

$$n = \frac{1,191}{0,70} = 1,70$$

$$P = 2701,766 (0,70)^3 = 1323,86.$$

Per agevolare le calcolazioni dipendenti da queste formole, si è costruita la tavola seguente, colla quale dato il raggio di una macina, se ne trova il peso, la velocità, la quantità d'azione impiegata, ed il prodotto corrispondente ad ogni minuto secondo. Per avere quest'ultimo valore bisogna considerare che per la macinazione di un chilogrammo di grano è necessaria

una quantità d'azione uguale a $\frac{1000}{0,18} = 5556 \text{ chil. } \times \text{ metr.}$

Ciò posto, essendo la quantità d'azione che una macina consuma in un secondo di $\text{chil. } \times \text{met. } 614,05 \text{ } r^2$, il prodotto corrispondente, ossia la quantità di macinato, nello stesso tempo, sarà $\text{chil. } 0,11052 \text{ } r^2$.

Raggio <i>r</i>	Peso <i>P</i>	Numero dei giri <i>n</i>	Quantità d'azione impiegata <i>Qv</i>	Quantità di macinato
della macina		in un secondo		
<i>Metri</i>	<i>Chilogr.</i>	<i>Numero</i>	<i>Chil. × met.</i>	<i>Chilogr.</i>
0,50	675	2,59	153,5	0,027630
0,55	817	2,17	185,7	0,033432
0,60	973	2,00	221,0	0,039787
0,65	1142	1,84	259,4	0,044695
0,70	1324	1,71	300,9	0,054155
0,75	1520	1,59	345,4	0,062168
0,80	1729	1,49	393,0	0,070733
0,85	1952	1,40	443,7	0,079807
0,90	1188	1,33	497,4	0,089521
0,95	2438	1,25	554,2	0,099744
1,00	2702	1,19	614,1	0,110520
1,05	2980	1,13	677,0	0,121848
1,10	3269	1,08	743,0	0,133729

Questi valori valgono per la macinatura alla grossa: nell'economica bisogna avvertire che un terzo di tempo si consuma a rimacinare il tritello. Le quantità d'azione esposte nella quarta colonna, sono riferite all'asse della macina, quindi bisogna aggiungergli quella che consumano gli attriti dipendenti dagli organi con cui la forza è trasmessa all'asse medesimo.

La *boccola*, *guaina*, o *bossolotto*, fig. 483, che fascia il collo del palo, generalmente è di legno. Si adoperano a quest'ufficio pedali di betulla, di tiglio o d'altro legno duro, che si recidono in rocchi della lunghezza di due decimetri, e grossi poco più del diametro dell'occhio della macina dormiente. Si fissa la punta di un compasso nel centro di una delle facce piane del rocchio, e se ne descrive il contorno, non che la grossezza del collo del palo; indi si toruiscie in figura di cilindro, o si spacca, o si sega per metà, e in ciascuna di queste si scava collo scarpello a cavetto, o a mezzo tondo un canaletto semicircolare, in corrispondenza alla grossezza del collo del palo. La fig. 484 rappresenta un mezzo bossolotto.

Il diametro del bossolotto può essere tre o quattro centimetri più piccolo di quello del foro della pietra, perchè vi sia spazio da conficcarvi delle zeppo. Quali avvertenze si debbano avere nel fare questa operazione, lo diremo in seguito.

I bossolotti di legno hanno il difetto di logorarsi presto, per cui il palo vi si dimergola, e vacilla: in tale stato la corritoja gira disordinatamente, e balla sul fondo, e molte volte scappa il grano e la farina dietro al bossolotto, o come suol dirsi perde, o sperpera, sebbene il palo sia munito al disopra di un collarino ossia di un copertojo e di una fascia di tela attortigliati intorno al bossolotto ed al palo, e attaccati saldamente a quest'ultimo. L'allentamento del bossolotto, e le perniciose conseguenze che ne derivano, dipendono quasi sempre dall'essere male diretta l'inzeppatura, o perchè il palo non era originariamente ben calibrato, o perchè già troppo roso. Si è cercato di rimediare in diverse maniere a questi difetti, ma nessuna finora ha corrisposto completamente.

Un espediente, che dicesi applicato con molto vantaggio, è quello del così detto bossolotto a crini: si prepara il bossolotto nel modo pocanzi indicato, lasciandovi un incavo anulare nel mezzo, fig. 485; poscia si forma una corona con crine da cavallo, e si attornia al collo del palo; si applica quindi il bossolotto in modo che i crini vadano a collocarsi nella sua parte come sopra incavata. Al palo imbossolato in tal modo, non si mette il copertojo di tela, per cui cadono continuamente nell'occhio della mola dormiente dei granelli e del tritello; questi incontrando la strozzatura di crini, si fermano, e accumulandosi, e costipandosi sempre più, compongono una crosta assai dura e tenace, impastandosi coll'unto che si versa di tanto in tanto per addolcire lo sfregamento del palo, per cui esso propriamente non gira nel bossolotto, ma nella crosta anzidetta, la quale si consuma e si rinnova per-

petuamente di per sè stessi. Così fatti bossolotti sono poco usati, quantunque assai commendevoli per semplicità.

Quando il palo è nuovo, e il suo collo non ancora bene liscio, e ritondato, giova introdurre nel bossolotto un pezzo di vecchia lima, che si volge a contatto del palo; e meglio ancora sarebbe a fare metà del bossolotto con un pezzo di macina disusata, e collocarla dalla parte dove il ferro sfrega con maggior forza. Taluno potrebbe credere che un bossolotto di arenaria fosse il più opportuno nel caso individuato, ma il fatto ha dimostrato il contrario, perchè la pietra viene lisciata in poco tempo dal ferro, aiutato dall'unto che vi si introduce, e prima che il ferro sia ritondato, e levigato, non bastano sei mesi, e più.

I bossolotti di ottone sono preferibili a tutti; e certamente questi sarebbero ben più diffusi, se i mugnaj fossero meno renitenti a lasciare le vecchie loro costumanze. Alcuni si contentano a fare di metallo quella metà che soffre maggiore sfregamento, e l'altra eseguono di legno; ma siffatta struttura non soddisfa completamente alle condizioni di un buon bossolotto. Infatti, rappresenti fig. 486, un mezzo bossolotto metallico, col rispettivo palo, e si immagini che l'uno e l'altro si corrodano per sei millimetri incirca, allora il combaciamento reciproco succederà nel modo indicato dalla fig. 487. L'angolo *d* resterà aperto intieramente, giacchè la metà del bossolotto fabbricata di legno non può abbracciare che la parte *m o n* del palo. Crescendo il consumo della parte metallica, le aperture *d* riescono dannose, essendo difficilissimo a impedire che il bossolotto non disperda. Una volta poi che il palo ed il bossolotto metallico sieno logorati oltre a due centimetri, allora quest'ultimo bisogna rinnovarlo immancabilmente.

Se dalla parte dove il palo poggia con maggior forza si vuole fare una porzione del bossolotto di metallo, è meglio tripartirlo, ed armare solamente un terzo del suo contorno, come dimostra la fig. 489. Questa struttura, oltre ai vantaggi che accenneremo, migliora sensibilmente anche la spesa. Supposto che nel caso addotto, il palo e la parte metallica del bossolotto si logorino ciascuno di sei millimetri, si disporranno come vedesi in *B*, e dopo logorati per altri sei millimetri, diventeranno come in *C*. Solamente in quest'ultimo caso sarà necessario amussare un poco di quando in quando i canti *d*. Un palo imbossolato a dovere, dura lunga pezza prima di logorarsi a questo segno.

Queste incassature metalliche possono farsi lunghe da un decimetro ad un decimetro e mezzo, e grosse nel mezzo da quattro a cinque centimetri. La fig. 490 dimostra in qual maniera si possono inserire nel bossolotto di legno: di mano in mano che si consumano, e conseguentemente il palo

si rallenta, vi si riaccostano, conficcando tra il legno e l'incassatura metallica delle laminette di ferro, o delle sottili assicelle di legno forte, che però non devono essere cuneiformi, ma di figura piatta, altrimenti l'incassatura stringerebbe il collo del palo con maggior forza di sopra che di sotto.

Per impedire che queste incassature metalliche si sollevino insieme col palo, si possono fare alquanto allargate da basso o vogliam dire accampate, come nella fig. 491, oppure vi si lasciano lateralmente delle sporgenze, fig. 492, di due o tre centimetri quadrati, le quali si incastrano nel bossolotto di legno. Se il palo è perfettamente levigato, tondo e calibrato, ed il bossolotto non stringe troppo addosso al collo del palo, non è tanto facile che le incassature si smuovano, quand'anche sieno foggiate come quelle della fig. 489.

Si può anche munire della guarnizione metallica ciascuno dei tre pezzi che costituiscono il bossolotto, e allora esso può riguardarsi in sostanza come se fosse interamente di metallo. Ogni incassatura può essere foggiate e connessa nel modo indicato dalla fig. 489, però non dovrebbero occupare tutta la larghezza del pezzo a cui sono applicati, ma limitarsi ad un quadrante della periferia del palo. Se il legno compreso negli intervalli della guarnizione venisse a contatto del palo, non recherebbe difetto; e d'altra parte esso porge il vantaggio di poter avvicinare tra loro i tre pezzi della guarnizione metallica, di mano in mano che queste ed il palo si consumano incastrando delle biette nel modo già accennato.

Quando il palo, e le guarnizioni del bossolotto si saranno cotrose in modo, che i lati di quest'ultime si tocchino, bisognerà limarli di quando in quando, od arrofarli. Questo caso però non è così facile a verificarsi, perchè bisognerebbe supporre che la corrosione del palo, e delle guarnizioni si facesse con misura calcolata, ed in realtà succede, prima di arrivare a questo segno, che vi sia bisogno di rinnovare il palo, mentre le guarnizioni sono tuttavia servibili, o viceversa.

Torneremo a parlare dei bossolotti allorchè si tratterà della composizione del meccanismo interno, e dei restauri che occorrono farsi ai mulini.

§ 217.

Molti non giudicheranno per cosa superflua se veniamo indicando quivi anche gli utensili di cui si serve ordinariamente il mugnaio per alzare e smuovere le macine. Essi formano parte dell'inventario e del corredo di un mulino.

La *leva*, fig. 512, è di ferro, lunga da met. 1,25 a met. 1,50, e grossa 3, o 4 centimetri; finisce a piè di capra, e si adopera segnalamente quando occorre di levare un peso considerevole. Si spinge il piede sotto al peso, e dietro si mette un sostegno, indi si preme sull'estremità libera. Si fa agire anche come leva di un sol braccio, puntando stabilmente il piede, contro il peso, e sollevando l'altra estremità del palo. Il fesso del piede, oltre ai suddetti uffizj, serve anche a cacciar grossi chiodi.

Per punto d'appoggio nel mettere a leva, ed alzare le macine, si adopera principalmente lo *scalino*, il quale consiste in un pezzo di pancone duro, grosso cinque o sei centimetri; largo dai 15 all' 20, ed alto da 20 a 25, e può essere diversamente foggiato, come lo dimostrano le figure 509 e 513. I diversi risalti servono per poter collocare la leva a quell'altezza che richiede il bisogno.

Le *stanghe* o *puntelli*, fig. 512, non sono altro che due leve di betula o di rovere, convenientemente preparate, e lunghe da met. 1, 18 a met. 2, 20 circa. Quelle di betula sogliono preferirsi a quelle di rovere, perchè coll'uso si lisciano meno, e quindi sono più sicure ad essere maneggiate. Si adoperano quasi esclusivamente a sollevare le mole.

Per sorreggere la pietra posata ed eretta sulle facce piane, mentre si applica, o si toglie la stanga, si usa il *cavalletto*, fig. 514. Esso consiste in un pezzo di legno duro, foruto, con un foro obbliquo al punto d'unione dei due rami, nel quale si mette un randello. La parte lunga e pendente di quest'ultimo, fa l'uffizio di terza gamba, e quella più corta che sporge al di sopra, serve per afferrarlo all'atto di manovrare. Il cavalletto è ferrato robustamente; sopra e sotto in *a*, *b*, *c* è stretto con viere; ogni estremità è armata di sprone o puntale, come è indicato specialmente in *D*; ai fianchi è sprangato con bandelle, e fra *b* e *c* vi è anche un puntello.

Il *cilindro* o *rotolo*, serve di sostegno alle macine, quando si trasportano, facendole scorrere sulle facce piane. È fatto con legno compatto, e consiste in un cilindro ordinario, con due orli sporgenti ed armati con viere alle teste. A bello studio è fatta di minor diametro la parte intermedia per poterlo afferrare facilmente e senza pericolo di schiacciarsi le mani, quando occorre di cacciarlo sotto, o ritirarlo dalla macina.

Il *cuneo*, fig. 509, *c*, è un pezzo di legno tagliato in isbieco conforme al disegno, grosso circa 25 centimetri in quadro, ed armato di manico. Esso si adopera e per sollevare le mole, come si vede nella fig. 509, e per fermarle, quando si spingono rotoloni sul piano inclinato, per farle montare, o discendere dal palo ove sono destinate ad agire. Ordinariamente due uomini muovono la macina, ed un terzo regola il cuneo.

Volendo rizzare in piedi una mola, sia che giaccia sul terreno, o sopra un'altra mola, si procura primieramente di sollevarla un poco col palo, sussidiato dallo scalino, e intanto si spinge sotto il cono, il piccone, o qualche altro strumento, per aver agio dappoi a cacciar più addentro il palo, fintanto che possano sottentrarvi due stanghe. Allora continua la manovra con due operaj, ed uno di questi, mentre con una mano tien ferma la stanga, lavora coll'altra a mandar sotto il cavalletto, colla estremità *a*; indi si spingono ancora più le stanghe, e in pari tempo si alza, e si gira il cavalletto finchè la mola si appoggi sopra uno de' suoi fianchi o cosce *b*, o *c* secondo che si vuole che l'uno o l'altra riesca al dissopra. Finalmente si puntano di nuovo le stanghe, si spinge il cavalletto, e la mola viene a posare sulla testa *a*.

La stessa manovra si ripete per calare in piano la macina. Quando occorre di doverla spingere alcun poco, per metterla a posto esattamente, si rimuove il cavalletto, a cui è appoggiata, e vi si mette sotto il rullo, indi si spinge la macina col palo, o colle stanghe. Quando si è pervenuti a segno, si ritira il rullo, e si cala lentamente la macina, togliendo a poco a poco l'una dopo l'altra le stanghe. Nello assestare la corritoja, bisogna usare tutta l'attenzione a ritirare le stanghe, perchè se la macina cade obliquamente, è facilissimo che si spezzi il fondo o si scompagini la narice.

A questo modo, due uomini in pochi minuti mettono in piedi una macina pesante 1400 e più chilogrammi, e colla stessa facilità la ricalano giù, quando sieno sufficientemente addestrati nelle apposite manovre.

Con metodo più sicuro e più pronto procedono i mugnaj d'America nello smuovere le corritoje, applicandovi una grue, come quella delineata nella fig. 510, di cui colla sola ispezione è facile concepire la struttura ed il modo di servirsene.

L'uso degli altri suaccennati arnesi si avrebbe potuto indicare più chiaramente con figure, ma non abbiamo voluto moltiplicare inutilmente le tavole. Inoltre per averne una giusta idea, basta vederli adoperare una volta.

ma si spinge la stanghe più addentro, secondo le varie parti di terreno
§ 218.

La mola corritoja molte volte si spacca, e per lo più quando si muove assai celeremente: ciò succede di raro senza sinistri, per cui taluni prudentemente la ricingono con cerchioni di ferro, come si vede nella fig. 494. Questi cerchioni d'ordinario sono larghi 4 o 5 centimetri, e grossi 6 o 7 millimetri; devono essere calibrati con precisione, conforme al diametro della pietra, e calzati a caldo, perchè stringano a dovere.

ma non può stringere.

I cerchi non devono oltrepassare il limite di quella porzione della mola che è destinata a consumarsi; inoltre bisogna procurare di metterli perfettamente orizzontali, altrimenti, oltrechè fanno cattiva mostra, quando gira la mola, sono anche causa che la farina si sperperi. Un coperechio armato ordinariamente ha due cerchi.

Certuni preferiscono ai cerchi di ferro quelli fatti con rami fessi di giovane e robusta querce, perchè afferrano più intimamente la pietra: ma si ha l'aggravio; e più di tutto l'incomodo di doverli rinnovare ad ogni poco; mentre quelli di ferro si può dire, che sono fatti una volta per sempre, e basta porli a caldo, e come si deve, serrano tante volte così bene, che dopo freddati non si possono più distaccare.

La precauzione di lasciare la corritoja è assai commendabile, perchè se si spacca mentre gira con tutta la sua forza, non solo partorisce danni significanti, ma può oziandio compromettere l'esistenza di chi la governa, o recare gravissimi lesioni.

È poi indispensabile la fasciatura, quando le pietre manifestino peli o fenditure, o quando si voglia aumentarne il peso (§ 213) o che sieno fatte con pezzi commessi fra loro a smalto (§ 205). Per questa operazione si fa uso di un mastice, il quale è composto di una parte di calce viva, due di polvere di marmo della stessa qualità dei pezzi da collegare, che si mescolano e si riducono a pasta consistente con latte schietto (1).

Le fasciature con cerchi scomponibili, in quattro, o più pezzi, sono da preferirsi perchè più maneggevoli, meno imbarazzanti, e di maggior durata.

§ 219.

Pretende il Belidoro (2) che le macine debbano avere la struttura delineata colla fig. 495. Molti lo hanno ripetuto, ma senza indicarne le ragioni. Lo stesso Navier, che tanto dottamente illustrò quell'autore, e di cui le scienze sgraziatamente deplorano la poco lontana ed immatura perdita, lo stesso Navier lasciò inosservato questo punto. Non è detto neppure se in Francia le mole si configurassero a quel modo, prima o dopo l'introduzione della molitura all'economica. Del resto non si può comprendere a che debba giovare l'inclinazione del piano della macina dormiente,

(1) Meunier, op. c. § 86, VI.

(2) *Architettura idraulica*, vol. I, lib. II, cap. I, § 634, p. 217 della traduzione italiana di Basilio Sorsina.

che è difficilissima ad essere ristabilita e conservata regolare. Lo stesso Belidoro aggiunge che un fondo del raggio di tre piedi (met. 0,97) dovrebbe avere 9 linee (0,02) di rialzo al centro, cosicchè l'altezza del piano inclinato avrebbe colla base la proporzione di 1 a 48, e questo sicuramente nè giova nè nuoce a parer nostro. Considerando però che, con siffatta configurazione, le macine tendono a smangiarsi con maggior forza verso la periferia che non presso al centro, si rileva che ogni qualvolta si dovrà rinnovare l'auzzatura, per mantenere la forma originaria, bisognerà sempre scarpellare più addentro verso il mezzo, di quello che ai margini.

PARTE TERZA

CAPO DODICESIMO

Del palco delle macini.

§ 220.

Il *palco* o *ponte*, che serve a reggere ed a collocarvi le macini, è stato minutamente descritto al § 18, e rappresentato collo fig. 26, 27, 28^a, 28^b e 29 alle quali vogliamo riportarci nuovamente. Aggiungeremo inoltre la fig. 515 per dimostrare la pianta superiore, avvertendo che le lettere che vi sono notate corrispondono a quelle della testè rammentata descrizione.

Siccome le scosse a cui è soggetto il palco, allorchè il molino si muove, sono assai risentite, così è regola generale che il *palco non formi sistema unito colla fabbrica, ma sia eretto isolato*. A questo modo si ha il vantaggio di poterlo risarcire e ripristinare quando abbisogna, senza recare alcun danno alle parti stabili e murali dell'edifizio.

L'ossatura del palco deve essere compaginata robustamente, con legni sani e di conveniente resistenza. Potendo avere della rovere, si usa a preferenza per farne le travi fondali, le colonne, i panconi d'appoggio, le panchine, le cozze ed il banco della farina. In mancanza di rovere si potrà sostituire il larice spogliato perfettamente dell'alburno. Il legname di qualità dolce, senza un bisogno imperioso, non si dovrà mai adoperare.

§ 221.

Il palco deve essere lungo tanto almeno che la ruota a corona possa girare liberamente fra i panconi d'appoggio, e che vi resti un agio di 20 a 25 centimetri per parte, da potervi conficcare le zeppe (§ 18).

Quando vi sono più palmenti alla fila ordinariamente si costuma collocare i ritti dei palchi a contatto gli uni degli altri. È però meglio lasciare fra i ritti dell'intelaiatura di ciascun palmento un intervallo bastante da passarvi comodamente un uomo: questo può essere di 50 a 60 centimetri,

nel qual caso resta uno spazio fra i panconi d'appoggio di 75 a 90 centimetri il quale è sufficiente nelle usuali contingenze, massime per alzare le mole, onde poter lavorare senza pericoli. Se il palco è basso, come nei mulini con ruote a corona di altezza mezzana, questa regola si può osservare benissimo nell'impianto primitivo. I ritti dell'intelajatura dei palmenti contigui si possono tenere distaccati tra loro circa 90 centimetri, e tra mezzo si può collocarvi una scala, a cui si fa corrispondere il manubrio ossia la leva del registro: e questa disposizione torna comodissima ed oltremodo vantaggiosa per chi attende a regolare le macini: infatti il lavorante discendendo la scala si trova i manubri a portata, e non ha bisogno tutte le volte che deve registrare il mulino di fare delle girate viziose, come si vedrà allorchè parleremo della macinazione. Ma se la ruota a corona è molto alta, allora bisogna mettere i ritti dei palchi aderenti, diversamente i palmenti occuperebbero uno spazio soverchio. L'usanza di incastrare i panconi d'appoggio di due palmenti contigui in un ritto comune, come fanno taluni per una falsa mira di risparmio, è riprovevole.

Dal fin qui detto si ricava non solo la distanza reciproca dei ritti angolari dei palmenti contigui, ma anche quella dei palmenti stessi. Si avverte poi che quest'ultima è raro che ecceda li met. 3,60 da centro a centro.

Se vi è un solo palmento, la piattaforma, ossia l'intavolato del palco si protende per circa un metro ai lati, oltre il vivo dei ritti, per lasciar campo alla libera e facile esecuzione delle manovre occorrenti. Questo si pratica molte volte alle teste del palco anche nei mulini a più palmenti.

La larghezza del palco dipende dalle dimensioni delle macini. Converrebbe sempre procurare di lasciar luogo di girare dietro alle macini fra il torniello della tramoggia, ed il muro che corrisponde al canale delle ruote: lo spazio abbisognevole è di nove a dodici decimi di metro; quindi colle nostre mole di metri 1,30 alli 1,40 (§ 204) basterà che il palco fra il banco della farina ed il muro posteriore, sia largo dalli met. 2,50 alli met. 2,70. Questo è difficile ad essere combinato nei mulini di ruotismo composto.

L'altezza del palco va determinata anch'essa in proporzione di quella della ruota a corona. La pratica migliore è di lasciare un distacco di due a tre centimetri fra la ruota a corona ed i ritti verticali. I palchi assai alti, non solamente hanno minore fermezza, ma sono anche d'incomodo servizio. Pure non devono farsi più bassi di quello che si è detto di sopra, altrimenti il rocchetto non avrebbe spazio conveniente, e riescirebbero difficili assai le riparazioni. Nel caso poi che si voglia applicare il buratto alle macini, bisognerà osservare che abbia caduta sufficiente, senza che si debba

profondarlo troppo sul davanti, e che rimanga libero e sicuro passaggio ai ruotismi, per poterli ispezionare, e per lavorarvi intorno agiatamente quando occorre.

Il palco quindi, misurandolo dal pavimento generale del mulino, non dovrebbe essere alto meno di met. 1,50, nè più di met. 2,25; e ritenendo le proporzioni suindicate in quanto all'altezza della ruota a corona, allorché queste sono molto alte, bisognerà situarne l'albero sotto il piano del pavimento.

Quando si pianta un mulino, non bisogna troppo compassare lo spazio; ma piuttosto si vuole lasciare una ragionevole comodità perchè si possano eseguire con facilità le manovre e le operazioni che occorrono nell'esercizio della professione, come sono i cambiamenti di alcune parti dell'edificio e del meccanismo, i risarcimenti, il movimento delle pietre, l'alzamento degli alberi e simili. — Si avverte questo perchè ordinariamente pare che si faccia studio di tenerli i nostri mulini impacciati e stivati quanto è possibile, con disagio e pericolo anche della vita di coloro che vi stanno a lavorare. — L'architetto deve starsi egualmente lontano da una malintesa profusione di area, e quindi è essenziale che quegli che eseguisce progetti di mulini sia sufficientemente istruito anche delle diverse operazioni che fa il mugnaio per potersi contenere ad una giusta e moderata misura.

§ 222.

Se le parti circolarie del mulino sono di opera muraria, le travi fondamentali posteriori si posano sui ritagli che si lasciano a bella posta al muro corrispondente, e le anteriori si mettono sopra muricciuoli fabbricati anch'essi espressamente, fig. 28^a e 29. — La prima di queste indicazioni in certo modo contraddice alla regola spiegata nel § 200 di tenere il palco isolato dall'edificio; ma non si può evitare facilmente ne' mulini semplici senza incorrere in altre mende più perniciose. Siccome però, come dimostra chiaramente la fig. 28^a, i muri dell'interno dell'edificio possono essere ingrossati più che all'esterno, così il carico riesce innocuo, e le scosse non sono notabili, giacchè le travi sono libere e semplicemente appoggiate sul muro. L'esperienza poi fa vedere che i muri ben costrutti non ne risentono pregiudizio sensibile, come succede immancabilmente quando sia congiunta al muro anche la parte superiore del palco, oppure che i ritti posteriori, invece di essere piantati sulle travi, siano murati nella parete.

Facendolo tutto di legno l'edificio, le travi fondali si distendono sopra palificate, le quali però sono munite di architrave affinchè non vi sia col-

legamento fra il palco delle macine e la parete che guarda alle docce. — Uno dei buoni metodi di concatenare il fondamento di legno è quello rappresentato dalla fig. 516 collo spaccato trasversale *A*, e quello longitudinale *B*. — *aa* sono i pali della parete verso le docce, collegati con piccoli traversi *b* sui quali appoggia l'architrave *c*, e su di esso si eleva la parete *d*. — *e, e...* sono i pali basamentali del palco, *f* i cappelli corrispondenti; *g* le catene, che costringono reciprocamente i due cappelli; *h* le travi fondali del palco, ed *x* le spalle, o ritti. *l* è una specie di cuneo incastrato a coda di rondine fra il cappello e le travi fondali, per supplire alla catena che non può esservi messa a questo posto per via dello scudo che si frappone. Le saette *m* impediscono le oscillazioni del sistema. — Siccome i ritti posteriori restano distaccati dal muro per circa sei decimetri, così si può prolungare il tavolato fin quasi contro il medesimo, come si vede nella fig. 516, *A*.

La congiunzione del palco colle pareti del mulino è più dannosa quando queste sono fabbricate di legname, perchè ogni menoma scossa, si comunica dalla pianta al coperto dell'edificio.

Il mulino può anche essere costruito col fondamento della parete verso il canale, di pietra, e coll'alzata di legno. In questo caso si tiene il fondamento, grosso abbastanza da potervi poggiar sopra tanto la trave della parete, che quella del palco. Questa disposizione vedesi nella fig. 517 dove *a* indica la trave che forma zoccolo alla parete; *b* la parete stessa, *c* la trave del palco, e *d* le spalle. È però meglio, quando si possa, di portare la muraglia almeno fino all'altezza del palco.

§ 223.

Gli scanni, o travi fondali del palco, ordinariamente hanno una quadratura di 25 a 30 centimetri di lato; bene spesso si fanno di sezione rettangolare col lato più alto verticale. — I traversoni che uniscono gli scanni anteriori coi posteriori devono essere larghi 3, o 4 centimetri meno degli scanni. I ritti ordinariamente sono grossi da 23 a 25 centimetri e larghi dai 38 ai 40 e le cosce ugualmente.

Nel caso che i traversoni non sieno disposti orizzontali, come vedremo in seguito, per lo più si uniscono agli scanni con intaccatura a coda di rondine, conforme alla fig. 518, e le colonne si congiungono cogli scanni a doppio dente, fig. 519. La grossezza di questi denti si determina dividendo la larghezza delle colonne in cinque parti uguali, ed assegnandone una a ciaschedun dente *a*. Non occorre che sieno più lunghi di 8 centimetri, non avendo titolo da temere che possano saltar fuori.

È però meglio collocare i traversoni orizzontali sotto ai ritti, in modo che questi ultimi abbraccino i primi. Questo metodo di congiunzione è delineato colla fig. 520 in pianta *A*, in profilo *B*, ed in prospetto *C*. Le lettere dimostrative sono applicate invariabilmente ai pezzi omologhi dei parziali sviluppi e rappresentano *m* gli scanni, *n* i traversoni ed *o* le colonne, o ritti. *D* è lo scanno veduto di sopra in *p*, e di fianco in *q*; *E* indica il traversone corrispondente, delineato sul lato *r*, e nelle piante di sopra e di sotto *s* e *t*; *F* finalmente è un ritto disegnato di fronte in *u*, di fianco in *y* ed in spaccato sotto *x*.

È facile a vedersi che con questo metodo gli scanni ed i traversoni sono meno indeboliti di quelli della fig. 518, e che gli ultimi sono destinati precipuamente a rafforzare i primi e impedire che non si stringano addosso, o si scompongano.

Il collegamento dei ritti colle cosce, si effettua quasi sempre come è indicato dalla fig. 522 dove *A* è l'alzata, e *B* lo spaccato analogo. — *C* e *D* poi rappresentano ordinatamente i suddetti pezzi distaccati. La grossezza dei denti e delle spalle rispettive si determina in generale dividendo la larghezza del ritto in undici parti delle quali si assegnano rispettivamente due a ciascuna spalla, ed una al dente. I maschi intagliati nei ritti servono ad assicurarvi il banco della farina.

Qualche volta le cosce si congiungono ai ritti con doppia dentatura, di cui si dà un'idea colla fig. 523 dove *A* è l'alzata e *B* lo spaccato; e ciascun membro è ripetuto separatamente in *C* e *D*. — In questo caso, la larghezza del ritto si suddivide in 12 parti uguali, e tre di queste si applicano ai due denti, e due allo spazio intermedio. Questi due metodi di congiunzione sono ugualmente buoni e sicuri.

Per maggiore stabilità è opportuno fortificare gli angoli con saette conformi alla fig. 524. — Al solito bisogna tenerle piccole perchè non imbarazzino chi deve agire intorno al palco; si fanno grosso 15, o 20 centimetri in quadro, e si indentano come è rappresentato dal disegno.

§ 224.

I pancioni d'appoggio per lo più si fanno grossi 10, o 12 centimetri, ed alti da 35 ai 40: sono poggiati ai ritti, come vedesi in pianta alla fig. 26, in cui sono incavati gli opportuni incastri. Uno dei ritti anteriori, e propriamente la candela, è attraversato dalla coscia, la quale porta in fuori con una testa; è alta quanto il pancione, e larga in circa a 25 centimetri. Alcuni male a proposito scorniciano la testa indicata, perchè occorrendo

spesso di dover battervi sopra, si scheggia facilmente, e cogli spigoli troppo taglienti offende chi deve girarvi dattorno. È meglio quindi rotondarla come è indicato dalle fig. 26 e 537.

La testa della leva è collegata al manubrio col mezzo di un'asta che attraversa la parte sporgente della coscia, e serve per regolare il registro, e la macina corrispondente. La fig. 525 è un'asta di ferro delineata a parte. Le appendici estreme afferrano la testa del pancone, ed i fori scolpiti nella parte superiore servono ad infilarvi una caviglia di ferro, per tenerla sollevata all'altezza che occorre.

Dopo quanto si è detto al § 204 sull'altezza delle macine e delle narici, si vede chiaramente, che le modificazioni necessarie non si possono effettuare col solo manubrio perchè altrimenti il pancone mobile ed il registro riescirebbero in una posizione inclinata, mentre si deve fare di tutto onde rimangano sempre orizzontali. Il manubrio quindi non serve che a produrre le piccole variazioni; per le grandi, come sarebbero il rinnovamento delle macine, il profondamento dell'imposta della narice e simili, bisogna coordinare il palco in modo che si possano alzare ed abbassare a piacere anche gli altri panconi, a seconda del bisogno.

Per questo è necessario che l'incastro nei ritti uguagli in lunghezza almeno tutto l'intervallo compreso fra il massimo alzamento e la massima depressione a cui possono essere assoggettati i panconi, fig. 526, e sotto di essi si adattano dei puntelli della misura occorrente ed appropriata al successivo consumarsi delle macine, e di mano in mano che si abbassa la leva ed i panconi col registro deviano sensibilmente dalla posizione orizzontale, si accorciano i puntelli, o se ne sostituiscono altri di minore e più acconcia lunghezza.

Il massimo alzamento e la massima depressione dei panconi d'appoggio dipendono, oltre all'altezza del palco, ed alla lunghezza del palo, anche dall'altezza della narice rispetto a quella del palco, non che dall'altezza della pietra. Inoltre bisogna riflettere che il palo non conserva sempre la stessa lunghezza, e che varia anche la profondità della ralla, per cui è meglio farli alquanto più lunghi gli incastri, tanto più che ciò non apporta alcun danno.

Gli incastri ordinariamente si fanno profondi quanto sono larghi: la larghezza poi è commisurata alla grossezza dei panconi, che è di 10 a 12 centimetri. Non occorre che abbiano agio lateralmente i panconi, per cui possono essere annessati a calettatura semplice.

La panchina è grossa 30 a 40 centimetri in quadro, secondo la maggiore, o minore robustezza delle altre parti costitutive del meccanismo,

è secondo che è più o meno lunga. Può anche farsi la sua altezza alquanto maggiore della larghezza. La fig. 527 mostra la panchina appostata nei panconi, ed è espressa in pianta *A*, in ispeccato longitudinale *B* e di fianco *C*. Questa figura farà conoscere più chiaramente in qual modo sia intrusa a dente nei panconi, e come possa stringersi da ogni parte coi cunei che vi sono inseriti. Comparando questa disposizione con quella dei disegni spiegati al Capo secondo, si vede subito che quivi il mugnajo può equilibrare più agevolmente la corritoja fino che essa macini con uniformità su tutti i punti.

Siccome la ralla *a* bisogna metterla possibilmente nel centro della panchina, onde questa sia compressa equabilmente, così bisogna praticarvi degli incavi *b* pei piccoli rocchetti usuali, dove possano girare i denti della ruota.

La panchina ed i panconi d'appoggio si fanno sempre di rovere, perchè il legno dolce s'incava facilmente, e non resiste allo sforzo dei cunei.

Molti ritengono come condizione importante che i panconi ed il balestro sieno elastici. Il Neumann però osserva che non gli è mai capitato di vedere mulini di nuova fabbrica, i quali non abbiano fornito l'effetto conveniente, perchè la panchina fosse troppo rigida, per cui siasi dovuta assottigliarla, quando invece occorre bensì le molte volte di dover ritoccare a quando a quando le altre parti del meccanismo. Col fatto anzi si è riconosciuto che una panchina a sezione quadrata, col lato di 30 centimetri, serve egualmente bene ad una corritoja alta 60 centimetri, come ad una di 30.

I panconi sarà bene che sieno elastici, ovvero che possano cedere alcun poco lateralmente, perchè così calzeranno più fermi i cunei che servono a tendere la panchina. L'elasticità dei panconi non può avere alcuna influenza sulla panchina, come si concepisce facilmente riflettendo che i medesimi sono tesi con forza eguale.

L'elasticità quindi del balestro e dei panconi, anche riguardo alla macinatura non può essere realmente di molta importanza, cosicchè sarà sempre meglio fare il balestro piuttosto robusto, perchè se è debole, quand'anche possa sostenere la macina, è però soggetto facilmente a vacillare allorchè il meccanismo è in movimento.

§ 225.

Il parapetto, fig. 28^a, 28^b e 29 sporge sul tavolato per 56, o 60 centimetri, ed è grosso dai 18 ai 20. Esso ripiegasi a squadra dove si congiunge al tavolato; sull'estremo del labbro superiore vi è applicata un'orlatura di legno che comunemente s'intaglia a cornice.

Per economia di spesa, e per risparmio di legname, è maggior vantaggio comporre il parapetto con tavoloni della necessaria grossezza e collegarli con leghe di ferro, fig. 528. — *A* è una sezione del parapetto fatta al traverso di un'impernatura di legno; *B* è un'altra sezione con una armatura di ferro; *C* e *D* rappresentano ordinatamente le fronti esterna ed interna del parapetto, dove è indicata specialmente la rilegatura di ferro: *E* è un pezzo di tavolato, ed *F* il parapetto corrispondente, coi maschi da introdurre negli analoghi incavi del primo. Delle rilegature di ferro basta applicarvene due ad ogni palmento fra le cosce ed il frullone. E se i palmenti saranno due accoppiati, senza scaletta intermedia, si può aggiungervi una terza rilegatura nel mezzo per maggiore robustezza.

Un parapetto così organizzato, ha il vantaggio di poterlo distaccare dal tavolato, senza scomporre anche quest'ultimo, vantaggio che non è insignificante quando si sappia che ordinariamente il tavolato dura più a lungo del parapetto.

La cornice del parapetto vi è assicurata con semplici cavicchie di legno, fig. 529. Si possono usare anche dei chiodi a capocchia nascosta, fig. 530.

Alcuni per esuberanza di ornato, all'apertura della scaletta, lasciano sporgere la cornice come si vede espresso dalla fig. 531, cosa assai incomoda ed anche pericolosa, perchè si arrischia tutte le volte di urtarvi contro. In questa posizione quindi è meglio tagliarlo diritto e lascio il parapetto, come nella fig. 532.

Il parapetto oltre essere assicurato ai ritzi con indentature apposite, fig. 522 e 523, è anche opportunamente incavicchiato contro alle cosce.

La finestrella indicata alla fig. 29 ordinariamente è larga 15, o 20 centimetri, alta 10, o 12, ed è conformata come dimostrasi colla fig. 535. Il frullone ha un'incavatura per potervi adattare il burattello, come vedremo in seguito.

L'iptavolato del palco si fa con tavole ordinarie, o con tavoloni di 10 a 15 centimetri. I singoli pezzi si congiungono a canaletto e linguetta, come nella fig. 533, od a maschio intruso, come nella fig. 534. Quest'ultimo metodo è più economico. Bisogna nel disporre il tavolato avere l'avvertenza che l'apertura che corrisponde all'occhio della macchina, non cada tutta nella larghezza di un solo tavolone, altrimenti questo non avrebbe appoggio nel mezzo. Converrà quindi procurare che il passaggio del palo cada nella linea di combaciamento di due tavoloni, per cui l'apertura corrispondente comprenda la metà di ciascuno. Del resto il tavolato verrà assicurato alle cosce con sole cavicchie di legno mettendone due ad ogni testa dei singoli tavoloni. Vedasi a proposito la fig. 515.

§ 226.

L'intelajatura rappresentata con *i'* nelle figure 28^a, 29 e 515 (§ 17) serve a contenere la macina dormiente immobile e salda. I membri che la compongono sono delineati separatamente nella fig. 536. Ordinariamente si fa alta 10 centimetri e larga 15.

Il meglio è traversare il parapetto colle estremità anteriori, e lasciarle sporgere circa un decimetro e mezzo, cosicchè il frullone riesca abbracciato da quelle teste prominenti. Questo si vede espresso nelle figure 28^a e 28^b. Per di dietro invece si assicura al palco, dopo che sia ordinato tutto l' assieme. Il vano fra le traverse dell'intelajatura, ed il fondo, si riempie con pezzi di tavolone tagliati a giusta misura.

Con questa disposizione, il parapetto fa le veci della quarta traversa; non è però adottata in quei siti dove si costuma ancora di alzare la macina col mezzo dell'intelajatura. In tal caso bisogna che vi sia anche contro il parapetto un'apposita traversa, in modo da costituire propriamente un telajo quadrato, il quale può essere spostato a piacere unitamente al suo fondo. Per assicurare questo telajo all'intavolato del palco, si piantano a' fianchi, e fuori del parapetto due beccatelli, dietro ai quali si ficcano delle zeppe, colle quali si può regolare il telajo in quella situazione che torna meglio. — Questa combinazione è delineata nella fig. 537. — Pochi la usano, perchè realmente è molto incomoda; perciò converrà molto più assicurare fermamente il telajo, e servirsi del registro per sollevare la macina.

§ 227.

Dalle cose precedenti si rileva chiaramente che i palchi congegnati nel modo descritto, devono presentare poca fermezza contro agli urti che si manifestano in direzione alla lunghezza. Per ottenere un discreto legame anche da questo lato, si dispone sui ritti posteriori una trave, in cambio di una tavola, come nella fig. 538 e si incastra tanto che col dorso riesca a livello del tavolato del palco.

I palchi troppo alti, bisogna cercare di evitarli per le ragioni esposte al § 221 ma vi possono essere delle circostanze che impediscano di attenersi precisamente a questa regola, o che costringano a lasciare per lo meno più alti i ritti posteriori degli anteriori. In questo caso, se i ritti posteriori passano li met. 2 a met. 2,50, per impedire lo scompaginamento, vi s'interpone un'incrociatura, fig. 539.

Nei mulini composti il palco ordinariamente riesce largo di soverchio, per cui i panconi non dovrebbero essere assai lunghi, e siccome da quella parte dove gira la ruota a corona, è raro che si possa passare avanti col pancone; in questo caso si collocano ordinariamente i ritti posteriori, fig. 540, fra lo scudo o la lanterna, e si puntellano le cosce verso il canale con una trave sorretta da appositi ritti.

Talvolta i ritti del palco si collegano anche sul sistema della fig. 541, cioè si pongono tre grosse travi alla lunga del palco, posati alle cosce, che si congiungono assieme con traverse. Tanto le travi che le traverse sono combinate ad incastro ed i riquadri sono foderati con tavoloni di 8 centimetri posti a raso e combacianti in un piano coll'ossatura mentovata. Il parapetto è sovrapposto alla trave anteriore, e può esservi attaccato nella maniera indicata colla fig. 528.

Quantunque i palchi siano quasi tutti congegnati a un dipresso coi metodi che abbiamo riferiti, pure se ne incontrano moltissimi di diversa struttura che l'industre architetto può facilmente immaginarsi e variare a seconda delle circostanze. Dovrà però sempre aver cura nelle sue combinazioni di seguire i migliori precetti che costituiscono il fondamento di ogni ben ragionato lavoro di Carpenteria, al quale proposito potrà consultare le tante e pregiate opere che si sono scritte in questa materia, senza che noi ci diffondiamo ulteriormente. Quello che si è detto basterà se non altro a far conoscere in che consista sostanzialmente anche questa parte di un mulino.

CAPO TREDICESIMO

Della tramoggia, e degli ordigni per dispensare uniformemente il grano alle macini, e tenerlo raccolto.

§ 228.

Quelle parti del mulino che servono a questo ufficio le abbiamo già fatte conoscere coi particolari loro nomi al § 19, e rappresentate colle fig. 28^a, 28^b, e 29.

La tramoggia consiste in una cassa piramidale, a cui forma base il coppo. Le sue dimensioni sono variabilissime: ma l'apertura superiore si tiene da un metro ad un metro e mezzo in quadro. In generale risulta di buone proporzioni facendo quadrate le due aperture contrapposte; l'altezza uguale alla larghezza dell'apertura superiore, e la larghezza inferiore metà della superiore anzidetta. — Nelle tramogge molto grandi l'apertura di sotto si può fare alquanto più piccola della metà di quella di sopra, altrimenti il coppo risulterebbe soverchiamente grande.

Le tramogge grandi hanno il vantaggio di potervi caricare un maggior volume di grano, ma sono più incomode e difficili ad essere regolate.

Il coppo quando sia applicato, deve lasciare lateralmente un agio di 3, o 4 centimetri: di dietro è alto 10, o 12 centimetri, e davanti ne ha 18, o 20.

Chiamando m il lato netto dell'apertura superiore di una tramoggia, n quello dell'inferiore, che si suppongono quadrate, ed h l'altezza, si troverà la sua capacità, ossia il volume S del grano che può contenere rappresentato esattamente colla formola

$$S = \frac{1}{3} h \left(\frac{m^3 - n^3}{m - n} \right);$$

la quale, facendo $h = m$, ed $n = \frac{1}{2} m$, si riduce ad

$$S = \frac{7}{12} m^3.$$

§ 229.

La tramoggia si costruisce con tavole di abete o di larice incollate assieme, unite a pettine negli spigoli, e sprangate con regoli inseriti a coda.

La fig. 542 mostra la pianta superiore ed il fianco di una tramoggia combinata nella maniera testè descritta.

Il coppo va fatto parimenti con tavole simili a quelle della tramoggia, tranne la parete anteriore che vuol essere di tavolone grosso da 6 a 7 centimetri, e se è fattibile, di rovere, anzicchè d'altra qualità di legnami. Le parti che lo compongono sono congiunte anch'esse a pettine, ed il fondo è inchiodato. La fig. 543 è il coppo per la tramoggia rappresentata dalla figura antecedente, ed è delineato in pianta *A*, di fronte *B*, e sul fianco *C*. — Le campanelle che vi sono attaccate, servono ad appenderlo, e propriamente con quelle segnate *a*, al torniello, e con quelle segnate *b*, al telarino. Talvolta i coreggiuoli della parte anteriore si uniscono al coppo, facendoli passare pei fessi appositamente praticati, ed infilandovi al di fuori un bischero, fig. 544. L'anello *c* poi serve per unire il coppo al mestatojo.

La tentennella è indicata con *d* nella fig. 543 ed è rappresentata separatamente in *D*. È fatta di apino bianco, o d'altro legname duro cresciuto bistorto. La figura dimostra abbastanza chiaramente il modo di unirla al coppo. Quando si vuol rinnovare, semplicemente si cava fuori dai piegatelli, levando la caviglia che s'introduce in quello di sopra per tenerla fissa.

La fig. 545 è l'anelletto bitorzolato che si annesta al labbro superiore dell'occhio della mola corritoja, e si applica resento alla tentennella. Si concepisce facilmente, che girando l'anelletto colla corritoja verso la parte indicata dalla freccia, la tentennella sarà riscossa ad ogni rivoluzione, quando vi sia un organo che la mantenga aderente di continuo all'anelletto. È disposta a questo fine una molla, fig. 547, costituita da un randello di legno duro e pieghevole, grosso da tre a quattro centimetri, il quale s'impianta saldamente nel tavolato del palco. Si può anche attaccarlo immediatamente alla tramoggia, fig. 548, dove forse agisce meglio, ed impedisce di macinare a vuoto, come taluna volta succede. Le scosse frequenti, e l'unione della molla pregiudicano in certo qual modo alla solidità della tramoggia, ma non è gran danno.

Alle corritoje che non facciano più di 60, od 80 giri al minuto, si suol mettere un anelletto a due bitorzoli, fig. 546, per dare maggior movimento al coppo. Ma dove le rivoluzioni passino le 100, le 180 e più, è meglio che l'anelletto abbia un solo bitorzolo, altrimenti s'imprimerebbe al coppo un movimento succussorio anzicchè ondulatorio; e si ha anche il vantaggio che il mestatojo di cui si parlerà in seguito, riceve delle scosse distinte, dalle quali si può avere norma più sicura, che non altrimenti, dell'azione regolare del mulino.

Il telarino che sopporta la tramoggia, è formato da due staggi collegati con altrettante traverse, cosicchè rimane contornata e sospesa a questi quattro pezzi. Se si adopera legname di rovere, che è sempre il più adattato, basterà che sia grosso 8, o 10 centimetri in quadro; se si fa di larice si terrà almeno un centimetro di più. Colla fig. 549 sono delineate le varie parti di un telarino, tra loro separate. Le campanelle *k* servono a sospendervi il coppo e sono collegate a quelle *c*, con coreggiuoli, o catenelle fig. 543. La traversa anteriore ha due intagli in *l*, in cui scorrono i coreggiuoli che s'avvolgono al verricello. I perni *m* danno fermezza al telarino allorquando sia montato.

Ordinariamente il verricello si compone di un grosso cilindro, fig. 550, del diametro di 8 o 10 centimetri, il quale co' suoi poli gira sugli appoggi saldamente inchiodati al telarino, e l'acciarino infilato ad una delle estremità, è destinato ad impedire che giri a ritroso. Per farlo girare poi, si adopera un piccolo mazzuolo di legno, col quale si battono le teste dei pironi, o manuelle che vi sono applicate.

Questo apparato è comunissimo, ma anche assai imperfetto, perchè non si possono facilmente operare i piccoli movimenti che occorrono, e talvolta gira a rovescio, e disturba in tal modo, od impedisce ezandio del tutto l'azione del mulino. Ciò succede con più frequenza quando la tramoggia sia grande o carica. Le ruote a grilletto non giovano, prima perchè rendono ancora meno agevoli i piccoli movimenti, poi perchè riesce più tarda l'operazione dalla quale propriamente dipende moltissimo l'attività del lavoratore. L'uso di appoggiare immediatamente sugli staggi i poli del verricello, come nella fig. 558, non è opportuno, perchè ne risulta una disposizione ancora più imbarazzante.

Molto migliore quindi è il coogegno della vite rappresentata dalle figure 28, 29 e 30, e ripetuta in scala più grande dalla fig. 551, dove *A* è la pianta di sopra, *B* lo spaccato alla lunga, e *C* sono i varj membri che lo compongono, delineati separatamente. Si pratica a ciascun lato un rialto *a*, inchiodato agli staggi del telarino, su cui si distende per traverso una travata *b*. Fra quest'ultima e la traversa davanti del telarino, si intramettono i traversini *c*, e questi hanno la faccia interna con una costola che serve di guida alla chiavetta *d*, la quale ha le teste con appositi incastri. Questa chiavetta riceve una vite *e*, che si fa girare col manubrio *f*, ed in tal modo si può tirare, od allentare il coppo che vi è attaccato, come lo richiede il bisogno. — La struttura di questo ordigno e la combinazione dei diversi membri che lo costituiscono è dimostrata con chiarezza sufficiente dall'analogo disegno.

Siccome le macine, come abbiamo avvertito replicatamente, non conservano sempre la medesima altezza, e d'altronde riesce opportuno che la distanza fra la tramoggia e la macina sia possibilmente costante, così è necessario che si possa alzare od abbassare la tramoggia stessa secondo l'occorrenza. — Per questo, i pilastrini $\frac{1}{2}$ ", fig. 29, hanno un incavo, in cui si adatta il traverso g ", che si sorregge con pontelli, i quali si rinnovano tutte le volte che si cambiano le macine, e si accorciano tagliandoli a misura che le macine stesse si consumano. Allo stesso oggetto serve il beccatello della grue, o torniello, che porta il telarino della tramoggia: questo poggia sopra un pezzo di pancone, il quale si cambia, o si taglia di mano in mano che occorre di doversi abbassare.

La posizione rispettiva delle parti testè accennate, vedesi indicata nelle fig. 28^a, 28^b, 29 e 515. La fig. 552 dimostra come i pilastrini si possano collegare assai meglio al tavolato con calettatura a maschio e femmina, e la fig. 553 ne rappresenta le diverse membrature disgiunte.

I pilastrini d'ordinario si fanno grossi 15 centimetri e larghi dai 25 ai 30, affinchè le indentature abbiano maggiore robustezza. La traversa si tiene grossa 15 centimetri, e larga 20, o 25. Gli intagli d'ornato e le scoriciature che da molti vi si sogliono praticare, non valgono che ad indebolirli male a proposito. Gli abbellimenti in un mulino sono inutili affatto, e soprattutto dovrebbero evitarsi quando debbano nuocere alla stabilità.

Il torniello, o la grue, che abbiamo veduto in alzata e spaccato nelle fig. 28^a e 29 è presa di nuovo sul prospetto posteriore, e delineata separatamente colla fig. 554 dove è indicata anche la mensola, o beccatello a : b è il sostegno ricordato di sopra, col quale si può all'uopo alzare od abbassare il beccatello.

D'ordinario è grosso 20, o 23 centimetri in quadro; presso alla testa si scantona ad ottangolo, e si strema alcun poco; dappiedi vi si forma un perno, che si mette in un incavo fatto appositamente nel tavolato: di sopra invece si prolunga fino alla soffitta, dove o s'imposta in una trave, ed in un tavolone inchiodato a due travi contigue, come nella fig. 554.

Talvolta anche al torniello si applica un perno di ferro colla sua ralla, fig. 555. Questa struttura è preferibile alle antecedenti.

Col torniello vengono in qualche modo comunicate all'impalcatura della soffitta le scosse del ponte delle macine e della tramoggia. Questa disposizione però è la più comoda. Gli scuotimenti non si propagano con molta forza, giacchè la tramoggia non è fissa al telarino, ma semplicemente ap-

poggiata, ed il torniello anch' esso è appena sostenuto da un pernio disunito dalla soffitta, per impedirgli di ribaltare.

Il braccio che sporge dal torniello al di sopra della tramoggia, fig. 28^a, serve ad appicarvela, ed a distorla dal suo posto, in occasione di dover lavorar intorno alle macini. Nella fig. 556 vedesi la tramoggia sollevata.

§ 232.

Per impedire ai grani viscidì, e specialmente alla crusca ed al tritello di rimanersi aderenti alla narice ed al contorno dell'occhio, la qual cosa produce movimenti irregolari, e talvolta anche l'ostruzione dell'occhio stesso, vi si applica il così detto mestatojo, il quale è indicato nella fig. 29 con *I'* ed è attaccato al braccialetto *k''*. La fig. 557 è una ripetizione delle parti di quest'organo, considerate separatamente; *A* quindi è il braccialetto che va assicurato al parapetto del paleo; *B* è l'appendice, od il mestatojo propriamente detto, e *C* è una staffa di ferro che lo unisce alla molla *D*. Quest'ultima è attaccata fermamente alla traversa del parapetto, e stira costantemente l'appendice. La molla si tende più o meno, a norma del bisogno, col mezzo della bietta *α*. — Il mestatojo essendo appoggiato all'anelletto, tutte le volte che incontra il bitorzolo, riceve una scossa. — Non solo deve arrivare fino alla narice, ma è necessario altresì che sia collocato in modo, che non disti troppo dalla parete dell'occhio colla sua estremità inferiore, nè vi stia precisamente a contatto, altrimenti si consumerebbe presto. Questo si può regolare con facilità, tirando avanti o indietro il braccialetto col mezzo della bietta che lo stringe alla traversa del parapetto. Quando il mestatojo è collocato a dovere le scosse succedono misuratamente, e da esse il mugnaio può giudicare del regolato movimento del mulino, meglio che non farebbe con un'altra indicazione qualsivoglia.

Alcuni formano il mestatojo con un semplice regoletto grosso 3 centimetri incirca, che si assicura alla traversa anteriore del telarino della tramoggia, e si tira parimenti con una molla; o si lega solamente con una corda, o coreggia alla ripetuta traversa, come vedesi nella fig. 558. — Questa disposizione è preferibile laddove le macini girino con molta celerità.

§ 233.

Siccome la corritoja per effetto della forza centrifuga straggia d'ogni intorno la farina, così questa cadrebbe parte al suolo, e parte evolverebbe

in polvere se non vi fosse ad impedirlo il corbello, o la botte, che la mantiene unita e la accompagna all'imbuto del frullone, oppure la deposita sul tavolato del palco, o la insacca direttamente, col mezzo di trombe, o tubi scaricatori.

Il corbello è fatto con doghe grosse da 20 a 25 millimetri doppiamente impiolate, come nella fig. 559, e contenute da due cerchiature di ferro, le quali basterà che abbiano sei millimetri di grossezza, e 35 di larghezza.

Verso il tavolato vi è un'apertura dalla quale esce la farina. Inoltre, ha due maniglie ai lati, per il comodo di alzarlo, le quali sono saldate, o ribadite ad una delle cerchiature, o possono anche attaccarsi alle doghe.

Alcuni foggiano il corbello a cilindro perfetto, e di tali dimensioni che lasci un agio netto di 2 ai 5 centimetri fra esso ed il contorno delle macini. Questa struttura però è difficile che si possa regolare con precisione, nè le cerchiature vi calzano bene; inoltre sperde più che mai. Che se la pietra fosse affusata, § 207; allora il corbello cilindrico rimarrebbe più disposto in cima che non dappiedi, e sarebbero ancora più facili le dispersioni. A questo si aggiunga, che d'estate le doghe si stringono più di quello che non si ingrossano d'inverno per l'umidità che le imprtegna; altra difficoltà per tenerle sempre ad una distanza determinata.

Il corbello troppo stretto, non permette alla farina di rinfrescarsi abbastanza, e massime all'inverno, comunica moltissima umidità al corbello medesimo, al tavolato ed al frullone. La misura che pare la più acconcia, è quella di lasciare tra esso e la corritoja un agio al di sopra di uno a due centimetri e mezzo, ed al di sotto di cinque a sette, proporzionando le dimensioni al maggiore o minore lavoro di cui è suscettibile il mulino, avuto riguardo alla forza che vi è applicata ed alle altre particolari sue circostanze.

Gli Inglesi e gli Americani sogliono coprire anche il vano superiore, come vediamo indicato da Ellicot all'art. 24 della sua Guida del fabbricatore di mulini.

CAPO QUATTORDICESIMO

Del frullone, e suoi accessori.

§ 234.

L'apparecchio di un frullone in generale, fu descritto al § 20 e rappresentato colle apposite figure 26, 28^a, 28^b e 29.

Ne sono stati immaginati diversi di singolare struttura, ed i principali, di cui faremo cenno, sono quelli con burattello grandi e piccoli, così detti alla tedesca; quelli a cilindro, od alla francese, e quelli inglesi, od a spazzole.

Comunque sia organizzato il frullone, esso è quasi sempre fornito di un cassone e di una media. Ci faremo pertanto prima di tutto a descrivere queste parti, applicabili a qualsiasi sistema.

§ 235.

Il cassone del burattello, in proporzione alla grandezza del palmento a cui deve essere applicato, si fa lungo da met. 1,50 fino alli 2,25 e largo da 1,30 a 1,60. L'altezza, comprese le gambe, si regola con quella del palco delle macine, e deve essere disposto in modo da sopravanzare al burattello che resta applicato alla finestrella del parapetto, donde s'introduce la farina.

Ordinariamente si costruisce di abete, o di larice scelto: si adopera anche la rovere, dove abbonda, e la maggiore spesa che importa, viene compensata dalla maggiore durata. Non vi è parte del mulino più soggetta alla putrefazione di questa, ben inteso però che il tutto sia governato come si deve, e che il mulino sia sempre in attività. L'umidità, massime d'inverno s'apprende talmente all'interno delle sue pareti, che giunge persino a raggrupparsi in gocciole.

Le gambe ed il carcasse del cassone sono per lo più di legname dolce, della grossezza di 10, e 12 centimetri. I riquadri, tanto delle sponde che del fondo possono essere di asse da 3 centimetri, ma le guide intermedie devono farsi almeno di 3 e mezzo.

La sponda davanti e le laterali si incastrano ciascuna separatamente nelle spalle costituenti il carcame, dopo di averle coneguate insieme, e di avervi inchiodate sopra le guide. La fig. 562 è la sponda anteriore; e le fig. 563 e 564 sono le laterali corrispondenti, presso alle quali vedonsi delineate le spalle in cui vanno rispettivamente inserite. La sponda di dietro invece, è inchiodata contro alle spalle, e termina al parapetto, come è indicato in parte dalla fig. 29 e ripetuto in scala maggiore nella fig. 565.

Anche il fondo è collegato separatamente ed è rinforzato con una, o due traverse, indi inchiodato di sotto in su. Per renderlo più robusto, si possono unire le gambe davanti a quelle di dietro con un correntone, come nella fig. 566. Il coperto è composto di tavole combinate insieme, ed inchiodate per traverso sul cassone, che si lasciano sporgere lateralmente, e sul davanti cinque, o sei centimetri dal vivo, conforme è indicato colla fig. 567. Al coperto si sovrappone in giro ai tre lati surripetuti una larga lista, scorniciata sul lembo esterno, e di sotto vi si inchioda un cavetto, od una goletta di legno; ciò serve a dargli maggiore consistenza e nello stesso tempo ad abbellirlo.

Il cassone ha un'apertura di fianco, larga circa un metro in quadro, o poco meno, da cui si cava fuori la farina, e daddove si entra per eseguire tutte le operazioni che occorrono, come sarebbe l'applicazione del burattello, e simili. Essa è chiusa con una tenda di tela. — Il buco tondo in fronte al cassone, che si vede nelle fig. 28^a, 28^b e 29, è necessario per dar esito allo sbocco del burattello.

§ 236.

In alcuni mulini si lascia che la crusca del burattello cada per terra direttamente. In questo caso, perchè non iacorra sotto al cassone, si chiude con intavolato tutto lo spazio tra le gambe anteriori. Una tale disposizione è da evitarsi, perchè è difficile che si possa ottenere una crusca netta, per quanta pulizia si adopera.

Altri ricevono la crusca in una piccola madia, come nelle fig. 568, 569, 570 e 571, la quale è attaccata al cassone del burattello, anzi il prolungamento del fondo di quest'ultimo, serve anche alla prima: le sponde laterali sono calettate, ed alle medesime poi è indentata l'anteriore.

Questa madia in effetto fa l'ufficio d'una tramoggia, ed ha perciò un foro davanti, da cui esce la crusca, che ricevesi in qualche trogolo, od in sacchi. Questa disposizione è molto più comoda e più pulita dell'autecedente, ha però anch'essa i suoi disturbi, come vedremo in seguito.

Le cose dette in questo paragrafo non hanno a dir vero molta relazione colla fabbrica di un mulino; è però necessario che l'architetto ne sia edotto per regolarsi nella economia dello spazio a norma del diverso metodo di molitura.

§ 237.

Il burattello consiste in una forma di cuojo su cui è cucita una stamigna. La forma è rappresentata dalla fig. 572 ed è composta di due trombe che ne costituiscono le teste *a*, congiunte da due coreggie *b*: a queste sono attaccate le orecchiette *c*, in cui entrano le verghe *z'*, fig. 26 e 29. La maniglia *d* serve ad appenderlo. — Nelle due teste che sono fatte, come si è detto, di semplice cuojo, è cucito un anello di ferro che le mantiene distese. La fig. 573 è l'anello per la testa posteriore, e la fig. 574 quello per l'anteriore. Le appendici *p* e *q* del primo servono per attaccarlo stabilmente alla finestrella del parapetto del palco, la quale ha una incavatura apposita per ricevere l'anello della testa, come è indicato dalla fig. 535. Lateralmente vi sono inserite due grappette *m*, e sopra queste due piegatelli *n*. Collo prime vengono assicurate le appendici *p* che sporgono dal cuojo, e negli altri si inficca un regolo, il quale comprime l'appendice *q*, e serve non solo a tenere il burattello più fermo, ma impedisce altresì che possa saltar fuori dalle grappette *m*. — Sarebbe superfluo il voler riferire i tanti altri metodi coi quali si può applicare il burattello, essendo indifferente, purchè sia bene assicurato. Gli occhi dell'anello, fig. 574, servono per attaccarvi la maniglia. — Le coreggie *b* si fanno di due, o tre cuoj addoppiati come dimostra in profilo la fig. 576: Invece della larga lista di cuojo talvolta si adoperano anche delle cinghie di canape, a cui se ne accoppia una più stretta di cuojo, come nell'accennata figura. — Le orecchiette sono unite alla maniera che è dimostrato dalla fig. 577. — A stringerle con viti, o con chiodi, come fanno taluni, non torna bene, perchè non sono mai assicurate a dovere, ed il burattello riesce troppo pesante. Le orecchiette si mettono ad un terzo circa della lunghezza del burattello. La stamigna è noto cosa sia. Se ne distingue la qualità con numeri, che corrispondono ai fili contenuti in una data lunghezza, la quale in commercio ordinariamente è il pollice. Non è buona regola il riposare ciecamente sopra un tale criterio, importando molto altresì di conoscere se i fili di cui è tessuta la stamigna sieno abbastanza robusti, come sieno apparcchciati, e simili. Il mugajo consumato conosce a prima vista a qual genere di macinazione può servire una data qualità di stamigna.

L'ossatura del burattello è opera del valigiajo: l'applicazione della stamigna e gli analoghi adattamenti si fanno dal mugnaio, il quale deve essere munito di un banchetto apposito, fig. 578.

Per poter stirare più o meno il burattello vi sono delle viti, fig. 571, unite al cassone, alle cui madri è congiunto il burattello, che si regola a piacere, girandole conforme al bisogno. Vedansi le fig. 28^a, 28^b e 29.

Questo apparato diversifica in molti luoghi, ma non sarebbe prezzo dell'opera il riferire tali modificazioni, non sempre opportune; e facili d'altronde ad essere immaginate, quando si abbia una giusta idea dell'ufficio a cui è destinato l'apparato stesso.

§ 238.

Il piccolo frullone alla tedesca, il quale come si è detto al principio di questo capo, è dimostrato colla fig. 26 e seguenti, è costituito precipuamente dal cilindretto *y*" e dal fusolo *s*" colle relative parti accessorie. Veggasi per maggiore chiarezza anche la fig. 561.

La fig. 579 è una riduzione in scala grande del cilindretto. La sua lunghezza è coordinata alla larghezza della cassa del frullone, in testa al quale è applicato. Tanto esso che il fusolo e loro parti devono essere fatti con legno compatto, accerchiati con viere di ferro, e forniti di perni simili, ordinariamente a punta, e grossi circa due centimetri e mezzo. — Le verghe *a* attaccate al cilindretto, le quali non devono essere più grosse di quattro centimetri in circa, sono ferrate all'estremità con un bocciuolo che impedisce loro di consumarsi presto col continuo e celere attrito delle orecchiette del burattello. La loro lunghezza è determinata da quella del burattello stesso. L'asta, o braccio *b* è largo 8 a 9 centimetri; in testa è grosso 3, o 4 centimetri; e da piedi è qualche cosa di più: si tiene lungo met. 0,90 a met. 1,25, secondo che il frullone è alto, o basso. Il gomito *c* che vi è unito, è armato di sotto con una piastrina di ferro grossa circa un centimetro, attaccata con cavigliette a vite, come si vede in *B*, la quale serve a difenderlo dall'azione dell'attrito. Tra il legno e la piastrina, come anche sotto alla testa delle cavigliette, e dietro ai dadi, bisogna interporre del corame, se si vuole che le viti stringano con forza. Il gomito *c* è innestato al braccio con un breve perno, che gli impedisce di cadere abbasso. Nello stesso gomito è pure imperniato un banchetto *d* col quale si aggrappa al braccinolo: esso, dovendo fare molta resistenza, conviene che sia di ferro. Il cilindretto gira co' suoi perni sopra appoggi di legno duro e compatto, i quali si uniscono saldamente al banco

con leghe e staffe. La fig. 580 rappresenta uno di questi appoggi colla staffa corrispondente. Colla fig. 581 è delineato il fusolo, a cui sono uniti il bracciolo *e*, ed il calcagnetto *f*: essa indica chiaramente in qual modo questi pezzi sieno collegati al fusolo; dalla pianta fig. 26, poi è facile il rilevare che le lunghezze vagano entro limiti assai ristretti, dipendentemente dalle parziali condizioni in cui si trovano. Il fusolo ordinariamente si tiene lungo sei decimetri. I pernj sono di ferro battuto, e con coda risvoltata a squadra. Il loro collegamento va fatto con molta accuratezza, come pel cilindretto, e le viere si calzano a caldo. Il calcagnetto deve essere lungo in modo che sporga dal fusolo quanto lo permette la distanza delle pareti del cassone acciò si possa recidere e rimbiettare ogni qualvolta sia molto consunto verso il naso *u*", fig. 29.

La travetta, o piccolo registro *r*", fig. 26 e 29, si fa di legno duro, come il pero, il faggio, o la rovere. Essa è delineata parzialmente nella fig. 582. Vi si praticano diverse imposte, in cui si traslocano i pernj mano mano che si rendono inette, e si ha sempre l'avvertenza di disporre la travetta in modo, che l'imposta attiva riesca a un di presso nel mezzo degli appoggi che la sostengono.

Questi appoggi hanno il piede incastrato nelle travi fondali, e la testa nel parapetto del palco. Vi è praticata una fessura, nella quale trascorre la travetta che in tal modo si può alzare ed abbassare secondo l'occorrenza. Si sogliono fortificare con leghe, perchè resistano meglio allo sforzo delle biette che vi si intrudono per tenere in posto la travetta. La fig. 583 è uno sviluppo parziale di uno degli appoggi, colle sue fasciature di ferro.

Siccome collocando il fusolo colla sua testa a contatto immediato della travetta, si genera un attrito assai forte e pregiudicevole ai due pezzi, e la rotazione del fusolo riesce stentata, perciò si suole applicare una ralla di ferro al perno inferiore che si congiunge con viti alla travetta, nella maniera indicata dalla fig. 584. Il perno deve essere appuntato, altrimenti sbalzerebbe fuori facilmente, perchè la pressione orizzontale in questo caso è sempre maggiore della verticale.

Il bracciolo ed il calcagnetto non si lavorano di ferro, perchè sarebbero troppo pesanti: devono però farsi di legno durissimo. Lo stesso di casi del gomito, eccettuato il becchetto, il quale soltanto, come si è suggerito di sopra, potrà essere di ferro.

Il gomito si allunga o si accorcia, all'atto di macinare, e si tende più o meno il burattello per dargli quella celerità che occorre. Questo si spiega facilmente colla fig. 29.

Il frullone grande alla tedesca è delineato in pianta, ed in alzata, tanto di fianco che di prospetto nelle fig. 585, 586 e 587. Esso è composto di una colonnetta forcuta *a*, nella quale è innestato il braccialetto *b*. Quest'ultimo porta il cilindro *c*, a cui sono attaccati i due calcagnetti *d* ed *e*. All'ultimo poi è unito il gomito *f*, il quale comunica il movimento al bracciuolo *g*. Questo è assicurato al verricello *h* a cui sono applicate anche le verghette *k*; *l* è un batasso, il quale quando sia tirato bruscamente contro la colonnetta *a* obbliga il verricello ad ogni alzata, a ricadere più celere. La fig. 588 serve per dimostrare con maggiore sviluppo le varie complicazioni di questo congegno, e le parti individue vi sono indicate colle stesse lettere. — La figura e le spiegazioni che abbiamo già date parlando del frullone piccolo, rendono inutile una ulteriore descrizione. Il più delle volte, nei frulloni di questa sorta si assicura fermamente il burattello colla sua estremità anteriore, nel modo rappresentato dalla fig. 568. — Spesso anche, invece delle verghette *l* si adoperano dei regoletti d'appoggio, o delle grosse bacchette del diametro di tre centimetri all'incirca, le quali si impostano fra l'ossatura del palco, ed il bracciuolo. Siccome il verricello sporge dietro al cassone, e questo deve essere aderente al parapetto del palco, così gli appoggi corrispondenti devono essere incavati quanto è la grossezza del verricello.

Essendocchè non si tratta soltanto di muovere su e giù il burattello, ma bisogna altresì comunicargli una tal quale oscillazione, acciò la farina non si agglomeri, ma rimanga soffice, così si rileva con facilità che deve essere molto più utile che le verghette sieno disposte parallelamente al burattello, come ne' piccoli frulloni, dove la loro forza agisce ad angolo retto.

Ne' grandi frulloni invece, dove il verricello è posto sotto al burattello, le verghette riescono di fianco e la forza opera ad angolo obbliquo. — Di qui si deduce, che le verghette ne' piccoli frulloni possono tenersi più deboli, e per la maggiore elasticità di cui sono dotate, possono imprimere vibrazioni più risentite al burattello, che non quelle de' grossi frulloni. Nel primo poi, tanto il burattello che le sue orecchiette, patiscono minor danno. L'esperienza concorda precisamente con quanto si è detto a questo proposito, per cui non ci resta che consigliare l'architetto a preferir dove lo possa, il piccolo frullone.

§ 240.

Il così detto buratto a forcella è rappresentato in pianta dalla fig. 589, ed in elevazione dalla fig. 590. È costituito semplicemente di un fusetto *a* il quale gira sui suoi perni fra le travette come nel piccolo frullone, e porta uniti il calcagnetto *b* e la forcella *c*. Quest'ultima supplisce alle vergnette entrando nelle orecchiette del burattello. La molla delineata separatamente nella fig. 591 respinge il calcagnetto tutte le volte che i nasi lo abbandonano.

È probabile che questo semplice apparato fosse il primo immaginato a muovere il burattello. Egli eccita un movimento orizzontale, il quale per il peso del burattello, si converte in circolare alla sua estremità anteriore, per cui il moto laterale risulta sempre il più risentito. Siccome per altro il burattello esige propriamente un movimento verticale, così quelli a vergnette sono molto migliori. Quelli a forcella sono quasi disusati.

§ 241.

Per formare la tricuspidè, ossia i nasi che servono a scuotere il calcagnetto e con esso tutto l'apparato che anima il burattello, si lasciano protendere tre fusi al disotto del rocchetto, per la lunghezza di 8, o 10 centimetri. — Questo artificio però è praticabile soltanto con quei rocchetti che hanno un numero di fusi divisibile per tre, come sarebbero sei e nove, perchè i nasi devono essere ripartiti a distanze uniformi. — In generale i nasi si rompono prima che il rocchetto si renda inservibile, sia per trascuranza, o per la troppo tensione del burattello.

Il meglio è inserirli i nasi, come è indicato dalla fig. 593, nelle rotelle del rocchetto, fra gli intervalli dei fusi, serrandoli bene a coda quadrata, e con cunei.

Per rendere i nasi indipendenti dal rocchetto, postocchè questi ne soffrono sempre poco, o tanto, si immaginarono delle rotelle separate, che si appongono e si imbiettano tra la viera sotto al rocchetto, fig. 594. I nasi si fanno anche di ferro e si incastrano tra la rotella e la viera del rocchetto, oppure si saldano immediatamente nella viera stessa. Nel primo caso, riscaldandosi, crollano facilmente; nel secondo caso succede di saltar fuori la viera, e sconcertarsi il rocchetto, per cui sembra che non sieno troppo convenienti.

Con molto vantaggio invece si adopera già da qualche tempo il così detto *triangolo*. Esso consiste in un ferro foggato come lo indica la fig. 595,

fortificato da un anello saldato nel mezzo, oppure con un'anima di legno, come nella fig. 596. Esso è largo ordinariamente sette, od otto centimetri, e grosso 10, o 12 millimetri. L'anello di rinforzo si fa grosso ugualmente. I triangoli coll'anima di legno si possono congiungere più saldamente al rocchetto, perchè le biette stringono meglio, ed il triangolo invece acquista maggior tensione ed elasticità. Nello imbiettare i triangoli rinforzati dall'anello interno, bisogna usare molta attenzione. Le biette con cui si unisce il triangolo alla rotella di sotto del rocchetto, conviene lasciarle sporgere, poi si tagliano, lasciandovi ancora due buoni centimetri di testa fuori del piano dell'anello. Il modo più acconcio da eseguire l'imbiettamento è dimostrato colla fig. 598.

Codesti triangoli non si logorano tanto facilmente, e non guastano eziandio così presto i calcagni, per cui quando sieno fatti a dovere, durano moltissimo; e ritenuto che le altre parti sieno disposte convenevolmente, si ottiene con essi un movimento regolatissimo.

Forse facendoli di ghisa sarebbero più economici, ma dovrebbero essere anche notabilmente più grossi, e quindi più pesanti, per cui si cercherà di evitarli, per non aggravare di troppo il palo. Fors'anche sarebbero più facili a spezzarsi coll'imbiettamento, e colle ripetute percosse a cui sono soggetti.

Per delineare il modello di uno di siffatti triangoli, si può seguire la seguente costruzione geometrica. Dal centro c , e con raggio conveniente si descriva il circolo circoscritto al triangolo $ab^{\prime}a$: si divida questo colla nota regola in sei parti uguali, e si conducano i tre diametri ab , $a'b'$, $a''b''$. Finalmente si tagli il raggio ca in tre parti uguali, e con due di queste si descriva una circonferenza concentrica alla prima, la quale servirà a determinare i punti d'intersecazione d , d' e d'' . Per essi si guidino le tangenti pe' , $e'e''$, $e''e$ e prolungate quanto basta perchè si incontrino fra di loro. — Dai punti d , d' , d'' si descrivano i semicerchi $fa g$, $f'a'g'$, $f''a''g''$ coi raggi $da = d'a' = d''a''$, e dai punti e , e' , e'' si descrivano similmente gli archi circolari $f'h g''$, $f''h'g'$, $f'h''g''$ coi raggi $eh = e'h' = e''h''$. Sarà facile collo stesso andamento a descrivere le linee interne del triangolo, avendo sempre di mira che le unioni delle diverse linee circolari devono seguire ai punti d'intersecazione colle tangenti suddette. — Questo delineamento può effettuarsi sopra una tavoletta di legno ben piallata ed appianata.

Fig. 598. — Il modo di imbiettare i triangoli rinforzati dall'anello interno.

Al frullone si può aggiungere anche lo *stacciatore* propriamente detto, che si adopera invece del buratto ne' brillatoj, ne' mulini da orzo, ed in alcuni altri; e si annette al buratto stesso ne' mulini all'economica per la separazione de' follicoli e delle crusche, e per istacciare i minuzzoli lorchè invece di macinare si vogliono ammassare semplicemente i grani.

Questo stacciatore consiste in una cassetta di legno, con una parte del fondo aperta, e munita di una tela metallica. La fig. 600 rappresenta lo stacciatore che si sostituisce al burattello, e vedesi propriamente in *A* la pianta superiore; *B* è il profilo longitudinale; *C* la pianta di sotto; *D* lo spaccato sul mezzo; ed *E* il prospetto della testa anteriore. La fig. 601 dimostra il modo di applicarlo. Vi è il cilindretto *a* sotto la finestrella del banco, il quale è munito di due asole *b* di ferro che sopportano gli orecchioni *c* dello stacciatore. Il gomito coll'asta possono alzare benissimo lo stacciatore, ma non servono a scuoterlo, per cui vi è annessa la molla *d*, la quale ad ogni alzata lo riconduce abbasso. Allo sbocco del cassone, poggia lo stacciatore ad un rotolo, che gira sopra suoi perni. Il pezzo di fondo *p* che corrisponde al rotolo, essendo soggetto a continuo sfregamento, è rinforzato da una controfodera; e per far meglio ancora si sospende a coreggiuoli, attaccati di fianco, per cui non tocca quasi il rotolo.

La cassetta dello stacciatore si compone con tavole di larice, o di abete, e gli orecchioni si fanno di ferro malleato, che si stringono con viti contro il fondo, come lo dimostra chiaramente il disegno, interponendo fra le caviglie e i dadi delle linguette di cuojo per ottenere un'adesione più intima. Le due asole a cui si appoggiano gli orecchioni sono espressi separatamente in *B*. Uno di essi bisogna lasciarlo aperto all'alto, per potervi assestare la cassetta.

Nell'apparato espresso dalla fig. 600 il calcagnetto alza lo stacciatore e la verghetta lo abbassa, ed in quello rappresentato colla fig. 602 avviene il contrario. Nei mulini da tondare semplicemente, è tuttuno per la staccatura dei grani l'adoperare piuttosto l'uno che l'altro dei suddetti apparati, i quali si regolano a norma del bisogno, col tendere le verghette, od inclinare la cassetta più o meno che occorre. Ma quando si debbono istacciare le crusche, la loppa e i follicoli, è meglio che il calcagnetto deprima lo stacciatore, e la molla lo tiri indietro, come vedesi nella fig. 602. Il primo movimento è dolce, e l'ultimo violento. Facendo l'opposto, quale si dimostra colla fig. 600, al sollevarsi dello stacciatore, il cruschetto leggero ed i follicoli, trascorrono lunghezzu, poi quando ricala, sobbalzano senza

trascorrere ulteriormente. Succede per ciò, che le molte volte le crusche e i follicoli si concervano sempre più, ed impediscono e pregiudicano anche bene spesso il regolare processo di questa operazione.

§ 243. *del buratto e dello stacciatore*

Da alcuni mugnai della Germania, e massime nella Slesia, si adoperano altri ordigni in sussidio al buratto ed allo stacciatore, per scernere i tritoli dalle crusche e dalle bucce, tra i quali prenderemo a descrivere il seguente.

La fig. 603 rappresenta in pianta ed alzata l'ordigno di cui si parla. Al ritto contrapposto al bracciolo del burattello è applicato un mulinello *a* a cui è attaccato il calcagnetto *b*, il quale è mosso da un triangolo a tre nasi, analogo a quello che scuote il buratto. — La branca *c* comunica questo movimento mediante la stanga *d*, e la mannella inginocchiata *e*, al mulinello *f* nelle cui asole, od appoggi *g* è impernato il vagliatore *h*. — Il calcagnetto mosso che sia dal naso, la stanga tira la mannella, e spinge abbasso il vagliatore; ed ogni volta che il calcagnetto sfugge ad uno dei nasi, la stanga è risospinta dalla molla *k* ed il vagliatore *a* è nuovamente rialzato. — Colla fig. 603 vengono rappresentati in iscala più grande le membra principali di questo ordigno, e ne sono individuate con lettere simili le parti omologhe.

La fig. 604 è una sezione orizzontale del vagliatore, presa vicino alla testa. — Le asole ed i perni si possono fare di legno, perchè ordinariamente questi ordigni sono molto leggieri, massime in confronto di quelli del precedente paragrafo.

Un'altra disposizione che suol darsi a somiglianti vagliatori, è dimostrata colla fig. 605 quivi il vagliatore è collocato per traverso davanti al cassone del buratto. Il verricello anteriore è costruito, e situato precisamente come quello dell'altro ordigno testè descritto. La stanga *d* invece, davanti calza in una branca *e* la quale è assicurata al mulinello verticale *g*, come lo è il braccio *f*, il quale sorregge il vagliatore *h* e lo dimergola col mezzo di un maschio che vi è unito. Da piedi il vagliatore si unisce col mezzo di una coda alla molla *l* che lo tira continuamente all'insù. Anche costì il vagliatore è cacciato abbasso dal calcagnetto, e rialzato istantaneamente dalle due molle *k* ed *l*. La fig. 606 è uno sviluppo in iscala maggiore del mulinello verticale, da cui si comprende eziandio in qual modo vi sia assestato il vagliatore.

Quest'ultimo congegno è applicabile singolarmente laddove non si abbia spazio bastante per adottare il primo, fig. 602, o dove non si possano

nasce che macie assai corte. Entrambi poi sono organizzati in modo, che non possono occorrere gli inconvenienti annoverati alla fine dell' antecedente paragrafo.

La lunghezza dei calcagnetti deve essere proporzionata convenientemente, acciò non si urtino l'un l'altro, altrimenti verrebbero presto spezzati. Col triangolo indicato al § 241 si può ovviare a questo difetto più facilmente che con quello a nasi.

§ 244.

I frulloni cilindrici, comunemente detti alla *francese*, sono adoperati quasi solo da' fornai. Essi consistono in un cilindro cavo, sul cui contorno è tesa una stamigna di numeri diversi, distribuita in modo che il tessuto più fitto si trovi al principio, e prosegue diradandosi sempre più verso il basso. Per consegnarla debitamente l'ossatura del cilindro, si piglia un'asta di abete o di larice, tagliata ad ottangolo, lunga da 4 a 6 metri, e grossa 12 o 15 centimetri secondocchè vi si abbiano ad applicare due o tre stamigne, e ad intervalli di 9 all' 12 decimetri, si pongono delle razze alle quali si attaccano in direzione longitudinale delle listarelle parallele agli spigoli dell'ottangolo, indi si uniscono trasversalmente le teste delle razze con sottili quarti di legno tagliati per diritto.

Il cilindro si pone alquanto inclinato come il burattello dei frulloni usuali, e si chiude a perfezione in una cassa. Si volge intorno al proprio asse, o con una cinghia, o con ruota dentata, ed è ordinato in modo da essere riscosso ad ogni poco, perchè la farina non vi si agglomeri.

Per impedire l'ostruzione delle stamigne si sono immaginati diversi apparati, come scotitoj, martelli, spazzole e simili: ma tutti corrispondono imperfettamente allo scopo, e guastano le stamigne prima del tempo. Il più acconcio e insieme il più semplice sembra quello di fare quadrato il perno inferiore su cui gira il frullone: allora è obbligato a sollevarsi sui propri spigoli ed a ricadere alternativamente sulle facce piane, ed in tal modo si ottiene un tramestio continuato, che si comunica a tutte le parti del cilindro, e ribalza le particelle di farina che altrimenti aderirebbero alle stamigne.

Il perfezionamento che hanno ricevuto le tele metalliche, le ha fatte sostituire in moltissimi luoghi con profitto alle stamigne: infatti essendo esse di un tessuto più regolare, danno una farina più uguale e più bella, e sono di una durata di gran lunga maggiore, purchè sieno diligentemente guardate dall'umido. — Le tele di filo di ferro, sono preferite a quelle di

fil di rame perchè dalle prime non vi è a temere che possi essere contaminata la farina.

Siccome questi frulloni occupano uno spazio piuttosto grande, così nel disporre la pianta di un nuovo mulino, o nel migliorare la distribuzione di uno di vecchia fabbrica, bisognerà fare attenzione al collocamento possibilmente comodo di questo importante arnese.

§ 245.

Gli Inglesi, a cui deve la meccanica industriale tanti felici concepimenti, rivolsero la loro attenzione anche al perfezionamento delle macchine che servono a secernere la farina, e quindi modificarono assai utilmente gli ordinarij frulloni a tela metallica, applicandovi un interno congegno di spazzole girevoli dintorno ad un'asse, le quali fanno l'ufficio di strofinare, sperperare e amminuzzare la farina, dividerla dalle crusche e spingerla contro l'involucro del frullone e cacciarla traverso alle maglie, che sono pure di diversa gradazione, come quelle del frullone cilindrico. Il principale vantaggio del frullone all'inglese, è quello di spogliare perfettamente collo sfregamento le crusche dalle parti farinose.

Uno di questi frulloni, sul sistema di quelli che sono adoperati nello stabilimento di molitura all'americana eretto a San Dionisio presso Parigi da Benoist, di cui avremo occasione di parlare nel secondo libro dell'opera, è quello rappresentato dalle fig. 611, 612 e 613. La prima di esse è l'alzata anteriore; la seconda lo spaccato longitudinale, e la terza l'alzata posteriore. — In queste figure sono contrassegnati i membri omologhi colle medesime lettere.

Nel cassone *AA*, è rinchiuso il cilindro *QQ* di tela metallica immobile, dentro il quale la farina soggiace all'azione delle spazzole *BB*. Il cilindro è in due pezzi uguali e la tela è stesa sopra una carcassa di legno composta di semicerchi collocati per traverso, e congegnati insieme al lungo con asticine. Quelle *CC*, corrispondenti all'unione dei due semicilindri, si fanno molto più larghe delle altre, per potervi applicare le caviglie. I cerchi *O, O'* alle teste del cilindro, sono lavorati in un sol pezzo, e servono a consolidare tra loro le due partite del cilindro, a cui sono congiunti con viti di legno. Questi due cerchi fatti con tavole addoppiate, a fibre incrociate, hanno una gola ricavata sul contorno: in quella del cerchio *O* si stringe la bocca di una specie di sacco di pelle inchiodato alla parete anteriore del frullone, ed in quella del cerchio *O'* s'introduce una traversa formata in due parti, con tavole tagliate a semicerchio, e collegate con

quello dei due scompartimenti *V*, *Z* e colla tavola che costituisce la parete posteriore del cassone. Il sacco e la tramezza sono destinati a intercettare la comunicazione dell'interno col l'esterno del frullone, per evitare le dispersioni di farina. Essa si introduce nella macchina col canaletto, o gola *E*, la quale è una specie di tramoggia colla sua cassetta, o coppo *D* per disotto. *B B*...., sono otto spazzole ad una sola fila di pennelli di setole di majale, montate sopra tre cerchiature *K K K* di ferro fuso applicate all'asse pure di ferro *J*, insieme a cui girano con una velocità di 264 a 294 rivoluzioni per minuto. L'asse è attraversato da un dente di legno *J*, il quale urta contro una protuberanza metallica che vi è sotto alla cassetta della tramoggia *D*, e in tal modo viene ad essere continuamente riscossa. Nello stesso tempo però la riconduce tosto alla primitiva sua posizione una molla *r* di legno, forcuta, che ha le estremità superiori applicate ad incavi appositamente praticati sotto il fondo della cassetta medesima. La farina che sgorga dal canaletto *E*, è regolata da una valteratta, o paratoja *V*, a cui è attaccata una cordicella *c* che passa sopra le girelle *g*, *g'*, e serve ad assicurarla a quell'altezza che si vuole. — Il cilindro è mosso da una coreggia avvolta alla carrucola *P*. L'asse *J* presso alla sua testa più elevata è munito di un anello con una vite di pressione che si stringe per impedirgli di ascendere nel girare. — L'altra testa poggia sopra una raila sorretta da un'asta biforcata *W*. L'inclinazione dell'asse si può regolare come si desidera, col mezzo delle viti a rosetta di cui l'asta è guernita. — Nella parete anteriore del cassone vi sono due sportelli *I*, *I* apribili ad un bisogno per governare ed ispezionare la macchina. Gli scompartimenti *U*, *V*, *W*, *X*, *Y* corrispondono alle diverse gradazioni delle tele metalliche che rivestono il cilindro, cosicchè nelle prime cade il fiore della farina, e nelle ultime la semola e il tritello. La crusca grossa poi che esce dalla bocca inferiore del cilindro, è raccolta separatamente nell'ultimo compartimento *Z*.

Le altre figure fanno vedere in iscala più grande le parti più interessanti di questo ordigno, così la fig. 614 dimostra uno spaccato trasversale delle spazzole *B* montate sui cerchi di ferro fuso *K* con aste *G* suscettibili di essere regolate col mezzo di due rosette. Queste spazzole sono disposte intorno all'asse *J* di ferro a sezione quadrata, ed hanno la cima libera delle setole rivolta contro la tela metallica che costituisce l'involucro del cilindro. La fig. 616 è un taglio degli oggetti rappresentati dalla fig. 614, preso in un piano diretto secondo l'asse dell'albero a cui sono applicate le spazzole. Nella fig. 618 è delineata l'alzata della testa del carcame del cilindro, il quale è costituito come si è detto dalla congiunzione di due

semi-cilindri stretti con caviglie che attraversano i regoli o le aste *C*. *N* sono semi-armille più strette di quelle *O* che stanno alle teste: sono attaccate alle asticine di collegamento *C*, e concatenate fra loro con altre simili asticine *R* più deboli delle precedenti. Queste asticine *R* sono quelle a cui si afferrano gli uncinetti *S* onde sono armate le estremità dei tiranti *T*, e sostengono il cilindro del frullone. — La partita a sinistra della fig. 619 rappresenta il fianco esterno dell'ossatura del cilindro: e quella a destra ne è lo spaccato preso sull'asse, e perpendicolare al piano di congiunzione dei due mezzi cilindri.

§ 246.

Fu già ricordato che il cassone del buratto dovrebbe essere applicato fermamente davanti al palco delle macine, e che l'apertura laterale avrebbe a munirsi di una tenda. Lo stesso sarebbe da farsi a tutte le altre aperture, per impedire lo svolazzamento della farina.

Si è pur detto che all'atto che si abburatta suole svilupparsi molta umidità dentro il cassone. Ciò succeda massime all'inverno, ed in tanta maggior copia, quanto più ermeticamente si chiude il cassone stesso e quanto più rapidamente si abburatta. E siccome allora quest'umido si raccoglie al coperto e cade sul burattello in goccioline, rendendo la stamigna inservibile, così per raccogliere e deviare quello stillicidio, si pone all'inverno una tavola inclinata, come dimostra la fig. 607, la quale all'estremità inferiore è appoggiata sopra una listarella di legno inchiodata alla parete anteriore del cassone, e dall'altra parte è sostenuta con una caviglia di legno, o di ferro che attraversa il coperto.

Non si è trovato ancora un artificio per lasciare esito all'umidità, senza che simultaneamente si sperda anche la farina. I così detti *esalatori* nella parte elevata delle sponde laterali del cassone come quelli *ex*, fig. 602, lasciano passare l'umido e la farina insieme, e si ostruiscono spesso. Lo stesso succede praticandoli nel coperto.

Migliori sono le poà dette *trombe* o *canne*, elevate sul coperto del cassone, come vedesi delineato nelle fig. 608, 609. Avendo sufficiente spazio si possono fare lunghe tre o quattro decimetri, difendendole per di dietro dall'aria corrente, con uno schermaglio, che servirà anche a rafforzarle maggiormente. Anche queste però non servono molto a dissipare l'umidità.

Questo inconveniente potrebbe forse eliminarsi od attenuarsi almeno assai applicando una controfodera alle pareti ed al coperto del cassone, e lasciando uno spazio framezzo di due centimetri in circa, come è indicato in pianta dalla fig. 610. La parete interna in tal modo non sarebbe esposta immediatamente all'influsso dell'aria fredda esterna. — Il fondo del cassone non è soggetto a siffatto inconveniente.

CAPO QUINDICESIMO

Considerazioni sulla situazione e struttura di un fabbricato da mulini.

§ 247.

Le generali nozioni concernenti la costruzione degli edificioj crediamo a tutta ragione di doverle supporre abbastanza conosciute. Esse si trovano egregiamente sviluppate nelle opere dello Sganzin, di Belidoro e di Rondelet (1), e meglio che tutti nelle Istituzioni statiche ed idrauliche del chiarissimo professore Nicola Cavalieri San Bertolo, non mai troppo lodato, la quale opera abbiamo con ogni studio cercato di raccomandarla e diffonderla in modo che oggidì ci giova crederla alle mani di chiunque aspiri al titolo di ingegnere o di architetto, o comunque si diletti di costruzioni in genere.

L'edificio che contiene il mulino, dipende dalla architettura civile e statica, in quel modo che le altre parti riguardanti la derivazione e comparto delle acque colle opere relative, sono di speciale attribuzione dell'architettura idraulica.

Noi non ci tratteremo ad esporre minutamente le regole della struttura di una fabbrica da mulini, per non riescire inutilmente prolissi, e perchè d'altronde le cose che si potrebbero dire, devono essere perfettamente famigliari a chi vuole occuparsi nel pratico esercizio di questo ramo di architettura.

§ 248.

Comunemente dissentono i pratici che si abbia l'abitazione del mugnaio ad aggregarla al mulino, e ne riferiscono molte ragioni. Questo va bene di sicuro nei mulini in grande, ed in quelli dove il proprietario, o l'affittajuolo, o non s'intendono affatto di macinazione, o non vogliono ingerirsene se non in quanto si tratta di risuotere lo scotto. Anche in questo caso però rimane sempre a provvedersi all'alloggio dei lavoranti ed al

(1) Le opere citate si trovano tutte fra quelle che compongono la *Biblioteca scelta dell'Ingegnere Civile*, da me ideata e promossa.

ricovero degli avventori. Nei mulini di mediocre portata poi, e nei piccoli, è sempre meglio tenere unita al mulino anche l'abitazione del mugnajo.

Una giudiziosa sorveglianza torna assai opportuna ad una buona e regolare macinatura. È raro che i lavoranti trovino interesse sufficiente a procacciare che sieno soddisfatti a dovere gli avventori; ed anche ove l'arte è esercitata colla maggiore diligenza, si richiedono cure e vigilanza continue, perchè senza un rigoroso governo, sogliono prevalere mai sempre l'inerzia e la trascuratezza. Il mugnajo che abita nel mulino, può ispezionarlo di giorno e di notte, e sorprendere spesso all'impensata i lavoranti, i quali perciò stanno sempre sulle guardie. — Vi è pure l'altro vantaggio, che il mugnajo è avvertito continuamente dal suono delle parti mobili del mulino, se mai v'interviene alcun guasto, e può ripararvi senza ritardo.

Sconveniente affatto sarebbe poi che si volesse separare dal mulino l'alloggio dei lavoranti. Le macini d'un mulino discretamente avviato, devono agire senza interruzione, ad ogni ora sì di giorno che di notte, ed i lavoranti devono assistervi continuamente, alternandosi fra loro nelle ore necessarie al riposo ed alle altre bisogni della vita; e quando accidentali contingenze lo richiedono, bisogna sacrificare anche al sonno, per la prontezza e la regolarità del servizio. Le poche ore di sollievo di cui gode talora un lavorante sono totalmente l'effetto del caso, ed è un caso del pari che venghino protratte od interrotte. È dunque necessario assolutamente che i lavoranti stiano a dormire dentro al mulino. D'ordinario però anche quivi non si permette loro di spogliarsi, nè di coricarsi a letto regolarmente, ma bisogna che si accontentino a giacere sdraiati sui sacchi, o su qualche cassa, avviluppati nel mantello, o tutt'al più in qualche coperta di lana, onde all'occorrenza essere pronti a dar mano senza indugio al lavoro. Il lavorante mugnajo non ha fissi neppure l'ora del pranzo, come l'hanno la maggior parte dei lavoratori degli altri rami d'industria, ma è dipendente interamente dagli andamenti del mulino. Per questo ben di rado può il mugnajo assentarsi dal mulino, e se gli vien fatto di riescirvi senza inconveniente, è sempre una singolare eccezione alla regola.

In tutti quasi gli stabilimenti industriali sogliono destinarsi alcune stanze per gli operaj, dove questi si possono ritirare liberamente a ristorarsi ed a riposare, mentre ciò non è concesso a mugnaj-lavoratori: e per verità questi ultimi dovrebbero essere trattati un po' meglio, almeno in que' luoghi dove la macinatura non è esercitata materialmente, ma regolata come un'arte, perchè allora non devono più essere considerati come semplici

lavoratori, ma devono possedere le qualità di un vero artigiano se hanno ad essere capaci di soddisfare acconciamente agli obblighi del loro mestiere. — Inoltre devono essere persone di tutta fede, perchè moltissime sono le occasioni che si presentano di dovere calcolare sulla esattezza e sulla probità loro. Mettiamoci un istante al posto di un mugnaio il quale dovendo macinare nelle notti d'inverno, deve ogni poco essere all'aperto per levare il ghiaccio dalle ruote e dalle doccie, e rientra coi panni agghiacciati sulle membra intirizite, ed è certo che non sapremo negargli il bisogno di una cameretta nella quale possa asciugarsi, riscaldarsi ed anche dormire se occorre!

Perchè l'abitazione abbia a tenersi disgiunta dal mulino, si adduce per ragione, che i lavoratori possono con troppa facilità commettere frodi e prevaricare, che imminente è il pericolo d'incendio, e che il mulino ruina la fabbrica.

Quanto alle frodi ed alle prevaricazioni, sarebbe ben più opportuno ad evitarle, che il padrone e i lavoratori coabitassero nel mulino, perchè allora il primo può sorvegliare più agevolmente, e gli altri hanno minori occasioni e pretesti di allontanarsi dal mulino o d'introdurvi persone estranee.

Quindi chi vuole, od ha motivo d'impedire le frodi, principj da tutt'altro che dal separare l'abitazione dal mulino. — Molte altre cose vi sarebbero a dire su questo proposito, le quali però non hanno relazione colla struttura del mulino e perciò le sorpassiamo.

Al pericolo d'incendio che può derivarne al mulino per esservi annesso l'alloggio dei lavoratori, non si deve tampoco pensare; quando la fabbrica sia condotta con quelle precauzioni che a questo effetto si adoperano universalmente per preservarsi da siffatto flagello. — Anzi la presenza, e la vigilanza dei lavoratori, può valere a prevenire quegli accidenti che altrimenti occorrerebbero se non fosse provveduto all'istante alle accensioni portate talvolta dal soverchio riscaldamento delle parti confricanti.

Più concludente per tenere separata l'abitazione dal mulino sembra l'ultima ragione, vale a dire che le continue scosse a cui va soggetta la distraggono rapidamente. È vero che la fabbrica unita al mulino prova un tremore notevole e talvolta così forte da scricchiolare i vetri e le serramenta, quand'anche il ponte delle macini sia isolato. Questo tremore si propaga dal suolo, o si prova in tutte quelle fabbriche che sono vicine ai magli, e nelle case allorchè vi passano dappresso dei pesanti convogli. — Questo effetto è assai meno pericoloso di quello che generalmente si giudichi; è però lodevole cosa l'avervi riguardo nello stabilire le condi-

sioni atatinhe di un edificio. Se il mulino dovesse rovinare inevitabilmente la fabbrica annessa, nessuna, o ben poche se ne troverebbero, e queste ancora avariate. Ma in fatto ve ne sono e di solide e di grame come tutte le altre fabbriche in generale, secondochè sono costrutte e conservate più o men bene.

Un mugnajo che abbia a cuore l'arte sua, e desideri che tutto proceda con ordine e regolarità nel suo mulino, è certo che non vorrà abitarne fuori, a meno che l'aggregare l'abitazione al mulino non gli arrecasse una spesa straordinaria. Sono però da eccettuarsi i mulini in grande, che esigono già per sè soli una fabbrica piuttosto ampia e dove non sarebbe possibile neppure l'attivare una perfetta ed accurata sorveglianza, senza un personale apposito. In questi basterà che vi sia alloggio pel direttore dello stabilimento e per i suoi soggetti. A quegli, come si è detto da principio, che non vuole, o non sa prender parte all'azienda di un mulino, se non in quanto ne concerne il reddito, è certo che garberà meglio l'abitare in sito quieto e lontano dal trambusto continuo del mulino. — Ivi non sarà incomodato dal polverio che s'insinua anche a porte chiuse. Poco, o nulla gli importa di sapere con quali processi si preparino le farine dai suoi agenti, purchè ne trovi sempre ricolme le madie e il farinajo. Fortunati noi se i proprietarj di mulini di questa stampa fossero la minor parte!

Le cose che abbiamo detto sono riferibili ai mulini da macina. Dagli altri stabilimenti invece, dove non si lavora che di giorno; dove la polvere è perniciosissima alla salute; dove le scosse violente si propagano con forza a tutte le parti dell'edificio, quantunque di solida struttura; dove non è necessaria una così attenta vigilanza; e dove finalmente l'esperienza ha dimostrato che non si possono assolutamente combinare i vantaggi di una buona abitazione; da questi stabilimenti converrà quindi tenerla disgiunta.

§ 249.

Un'altra domanda che potrebbe dar motivo di disputare, è quella, se la fabbrica del mulino sia meglio comporla di opera murale o di legname — Nelle nostre regioni, dove abbondano i buoni materiali per le costruzioni muratorie, a preferenza dei legnami, e dove l'arte di fabbricare in muro è per così dire popolare, la quistione sarebbe sciolta da sè, senza altre considerazioni: ma là dove l'economia e le condizioni fisiche e sociali possono lasciare in dubbio l'argomento, quivi sono da scandagliarsi le ragioni che possono giustamente indurci a preferire un sistema piuttosto che l'altro.

Il Neumann ci servirà di fondamento a quanto diremo in proposito, e varrà se non altro a dare un'adequata idea del modo con cui nei paesi settentrionali si dispongono siffatte costruzioni in legno.

Quelli che vogliono sostenere le fabbriche di legname a preferenza delle murali, oppongono alle ultime la troppa facilità a sconcertarsi in causa delle continue commozioni, e la spesa soverchia che richiedono ad erigerle.

Alla prima obbiezione potremmo rispondere, che la cosa cammina al contrario. Vedonsi dei mulini di fabbrica, con muri che stanno da secoli senza crepature o strapiombi, perchè nello stabilirli si ebbero tutte le precauzioni d'arte; e le varie loro parti furono proporzionate e concatenate conforme ai buoni principj ed alle leggi da cui dipendono l'equilibrio e la stabilità degli edificj. E si ritenga pure fermamente, che lo sconcerto e la rovina di queste fabbriche è più presto un effetto di struttura difettosa, come avviene anche nelle ordinarie fabbriche civili, anzicchè procedente dalle scosse del mulino.

Gli edificj di legname invece resistono assai meno di quelli in muro, ma non rovinano per questo, e se ne incontrano alcuni che reggono da lunghissimo tempo: siccome però i compartimenti dell'ossatura il più delle volte si riempiono con argilla, od anche con muratura, così avviene spesso che tali riempimenti non facciano buona presa, e presentino dei distacchi significanti e delle larghe crepature, massime ai luoghi di combaciamento fra i legni e le altre materie, dove s'insinuano poi i venti, le nevi e le piogge, a danno anche delle parti interne del meccanismo.

La ragione ci sembra esser questa, che il meccanismo di un mulino bene organizzato, non comunicando immediatamente alle pareti le sue oscillazioni, ma sibbene al terzino, i muri colla loro maggior massa vi resistono, mentre le pareti di legname come più deboli le asseconzano ed anzi le aumentano notabilmente nelle parti superiori, in causa della elasticità del legno. Le vicende atmosferiche poi, alle quali sono soggetti i ritti e le traverse, concorrono anch'esse a scompaginare e dissolvere in breve giro di anni questo imperfettissimo genere di costruzioni.

È certo che dove il legname abbonda, la maggior spesa che importano le fabbriche murali deve essere una ragione per surrogarvi quelle di legno. Ritengasi però in generale che le fabbriche più solide sono anche le più economiche, per cui sarà sempre miglior consiglio preferir l'opera muratoria a quella di legname.

Anche per assicurarsi dal fuoco è più opportuna la costruzione massiccia, e si avrà un bastevole compenso alla maggior spesa nella corrispondente maggiore sicurezza.

§ 250.

L'ampiezza di un mulino è regolata in parte dalla organizzazione del macchinismo, e dal numero dei palmenti, in parte dal metodo con cui si macina. Oltre al palco delle macini, di cui abbiamo indicate le generali proporzioni al § 221 bisogna lasciar luogo al frullone ed alle madie. Si deve riflettere eziandio, massime dove non si macina per conto degli avventori, che può nascere il caso di dover tener in serbo per qualche tempo una quantità di farina già preparata. Inoltre vi deve essere spazio bastante onde i lavoranti possano girare liberamente intorno alle diverse parti del mulino, ed operare senza impaccio, e senza il bisogno di scavalcare sacchi, o casse per passare da un sito all'altro.

Ne' luoghi dove non si pratica insaccare le farine, ma si levano dal frullone, e si ripongono in apposite madie, dove si mescolano, o come dicesi con voce dell'arte, si tagliano, bisogna che vi sia uno spazio adattato anche per questo. Ogni palmento vuole la sua madia, grande in proporzione alla quantità di macinato che ordinariamente si suole accumulare.

Vi deve essere ancora un posto distinto per raccogliervi il grano che viene alla macina, (e per misurarlo se fa bisogno, come pure per mondarlo ed acconciarlo quando vi sia questa buona pratica, che oramai dovrebbe essere generalizzata.

Da ciò che si è detto risulta, che in ogni caso bisogna riflettere ad una serie di speciali combinazioni, le quali non permettono di stabilire delle regole generali sulle dimensioni di consimili fabbriche. Comunemente pertanto, sarà meglio largheggiare, anzicchè penuriare nello spazio, altrimenti, massime all'occorrenza di cambiamenti nel macchinismo, o per l'introduzione di nuovi processi di macinatura, bisognerà ricorrere a ripieghi le molte volte pregiudicevoli. E si dovrà pensare eziandio alle successive riparazioni e sostituzioni dei pezzi che si guastano, come sono le ruote, gli alberi, le macini ed altro, le quali richiedono uno spazio acconcio per essere eseguite con quella prontezza e comodità che convengono. Sarà sempre un errore grossolano nello stabilimento di un mulino il tenersi ristretti a segno che all'occasione di dover cambiare un albero, si debba od atterrare, o rimuovere qualche parte dell'edifizio, o non si possa assicurare fermamente un perno smosso, o si debbano tollerare altri consimili inconvenienti ed incomodità per difettosa mancanza di spazio.

L'ampiezza dell'abitazione annessa ad un mulino deve essere determinata a norma delle circostanze. Se ha da servire solamente al proprietario, si regola colla grandezza del mulino e colle forze pecuniarie dello stesso.

Nei mulini disposti in grande, dai quali la casa del proprietario è separata, basta pensare ai bisogni di un falegname meccanico, dei lavoratori e degli avventori, e se si vuole anche di un ispettore e di uno scrivano, od altro consimile.

Se la parte di fabbrica destinata agli alloggi è di qualche estensione, la sua entrata si tiene distinta da quella del mulino: oppure se si lascia in comune, si dovrà fare in modo che vi sieno due speciali passaggi, come sarebbe un'andatoja più elevata od una corritoja formata con assito, o con barricata, o per mezzo dei cassoni della farina, tanto che quegli che è diretto alla casa, non passi per il mulino, il quale ordinariamente ha il pavimento umido per l'acqua che vi portano colle scarpe i lavoratori.

Oltracciò, in un mulino bene sistemato, occorrono altre comodità. A queste appartengono: un'officina nelle quale si possano eseguire le piccole riparazioni senza bisogno d'andar fuori del mulino; un camerone per istacciare e conservare le farine; un granajo; delle camere di dispensa nel caso che si faccia negozio di grani o di farine; delle stanze per deposito dei grani che si recano a macinare e delle farine che si preparano. Le ultime sono necessarie specialmente ai mulini situati sui canali navigabili, i quali per lo più sono provveduti anche di speciali magazzini. Finalmente interessa che vi sia a compimento una comoda bilancia da pesarvi il grano, le farine ed ogni altro articolo che riguarda il servizio del mulino.

Il sito per lavorare le ruote e le altre parti voluminose, per conservarvi il legname d'opera, e per allestire e tenere riparate le pietre da macina non dovrebbe propriamente far parte del mulino, anzi non vi è mulino di qualche rilevanza che non abbia per queste occorrenze dei locali appositi. Nei piccoli mulini si supplisce con dei casotti, delle tettoje od altri consimili edifizj economici.

§ 251. *La situazione della fabbrica di un mulino*

La situazione della fabbrica di un mulino le molte volte è determinata dalle circostanze locali, come sarebbero le strade già esistenti, le mosse naturali del terreno, i limiti del territorio e simili. Trattandosi di grosse fiumane, bisogna regolarsi anche a seconda della direzione della corrente, avvertendo che generalmente l'edifizio si dispone parallelo al filone, cosicchè i palmenti riescono di fianco. Nei canali di piccola portata, ed in quelli di derivazione, scavati appositamente, non è difficile gran fatto il dirigere l'acqua in modo da poter collocare l'edifizio dove piace.

Avendo in arbitrio la scelta del luogo, gioverà collocare la fabbrica in modo che le ruote idrauliche abbiano l'esposizione di mezzogiorno, così d'inverno si avrà minor ghiaccio dintorno alle ruote ed alle doccie, e si potrà staccarlo più facilmente, o cadrà da sé all'apparire del sole. A levante ed a settentrione il ghiaccio difficilmente si stacca dal legno, e vi si forma più presto e più forte pei venti freddi che ordinariamente soffiano in quelle direzioni.

Finalmente si cerca di evitare per quanto è possibile di situare la porta d'entrata verso la parte più soggetta alle procelle dell'atmosfera. Una tale inavvertenza in un mulino, è molto più dannosa che non in qualsivoglia altro edificio, perchè la porta non può sempre essere tenuta chiusa, e quindi il vento vi caccia dentro pioggia e nevi, e ne derivano anziandio dei riscontri d'aria assai perniciosi.

Un mulino di tre palmenti al più, può con vantaggio essere distribuito in maniera che altro di essi sia situato ad una delle teste dell'edificio; così si risparmia ordinariamente nelle spese di costruzione e di manutenzione, giacchè la parete verso il canale è sempre più dispendiosa delle altre; ed oltre alla maggior spesa si ha pure l'inconveniente che le stanze contigue al canale riescono fredde ed umide. Non è però sempre fattibile l'evitarlo. Nei mulini a quattro e più palmenti, la profondità ordinaria dell'edificio non è sufficiente, e quindi bisogna necessariamente disporre i palmenti lunghezso uno dei fianchi. A dare alle fabbriche dei mulini uno sfondato maggiore del consueto non è buona regola, e ne derivano molte altre incongruenze, alle quali non è valevole compenso il vantaggio dianzi vagheggiato. Se dopo mature considerazioni si trovasse conveniente di dare all'edificio la sola lunghezza strettamente necessaria per collocarvi i palmenti alla sfilata, l'abitazione si potrà farla o in un separato avancorpo, od in un'ala laterale all'edificio.

§ 152.

Se giova nelle fabbriche comuni a tenere sollevato alquanti decimetri il pavimento del piano terreno dal livello dei fondi circostanti, tanto più è da osservarsi una tal regola nei mulini. Se il loro pavimento si lascia troppo depresso, sarà sempre infestato dall'umido; l'impalcatura marcisce velocemente, perchè il polverio di cui è cosparsa attira e conserva l'umidità, e si perde e si guasta una gran parte di friscello. I sacchi, che stanno parecchi giorni conservati presso alle pareti, marciscono, e guastano anche

la farina. L'umido è pernicioso eziandio al meccanismo, perchè i legnami si contorcono e diventano difettosi. Nè minor danno patiscono le casse, le madie, i frulloni, gli stacci e gli altri arnesi del mulino. — Tutti questi inconvenienti poi si aumentano ancora vieppiù se per sorte in tempo di piena l'acqua s'insinua nelle parti sotterranee dell'edifizio.

Colte aree ristrette nelle quali ordinariamente deve circoscriversi la fabbrica, e colla disposizione e semplicità del meccanismo dei nostri mulini usuali non è sempre possibile di portare il pavimento ad un livello superiore al piano generale del terreno; ed a voler praticare un meccanismo più complicato s'imbatte non di rado in altri difetti non meno riflessibili. I rapporti e le circostanze che l'architetto deve avere in considerazione nello stabilire un mulino, onde ne risulti un complesso possibilmente regolare e bene organizzato, variano, si può dire, ad ogni caso speciale, per conseguenza non è possibile il dare dei precetti generali in questo argomento. Meritano però attenzione le seguenti considerazioni.

Nei mulini di poca caduta rare volte succede di dover situare il pavimento ad un livello più depresso del piano circostante. Facendo le ruote di mezzane dimensioni, ordinariamente si può elevarsi a tale di portare non solo il pavimento al disopra del terreno, ma di difendere anche la cava delle ruote interne dalle piene.

Nelle grandi cascate, e dove il terreno è molto elevato in confronto al pelo d'acqua del canale inferiore, si può tenere la ruota idraulica piuttosto alta, e disporre il pavimento al disopra dell'albero della ruota stessa, ben inteso però che l'altezza della ruota non abbia a superare di molto la misura che le abbiamo assegnata al § 58.

Se con questo ripiego non si raggiungesse ancora un'altezza sufficiente, e si volessero pure evitare le ingranature complicate, non resterebbe altro che situare il fondo della cava alla maggiore altezza possibile e senza riguardo al terreno. In questo caso si determina l'altezza del plinto o ritaglio della fabbrica, e quella del piano del pavimento a seconda del livello del terreno tenendolo circa mezzo metro più elevato, e si pratica una gradinata tra questo ed il fondo della cava. Per mantenere poi quest'ultimo possibilmente asciutto, vi si distende un'impalcatura di tavole sopra travi, o pilastri di muro, o palificata, e si lascia sotto uno spazio vuoto, tanto però che le acque a pelo ordinario non vi abbiano accesso. Se poi il terreno stesso fosse soverchiamente umido, si potrà interporvi uno strato di ghiaja viva per l'altezza di alcuni decimetri. — Si avrà cura da ultimo di lasciare nell'impalcatura una cateratta mobile, per potere di quando in quando togliere le nidiate dei sorci che vi si accovacciano sotto infallibilmente.

Se il fondo della cava è a fior di terra, o alcun poco al dissotto, si procaccerà che l'acqua dall'esterno non scoli contro alle muraglie. Per impedire nel miglior modo le penetrazioni nel caso di cui si tratta, si potrà al di fuori dell'edificio scalzare il fondamento fino alla profondità di tre decimetri incirca al dissotto del fondo della cava, e formarvi una fossa lastricata con ispallatura se occorre nella ripa opposta, la quale iscarichi nella colta, fig. 620. Ma se la cava sarà notabilmente depressa sotto il livello del terreno, per cui anche la fossa dovesse riescire molto profonda, oppure si voglia evitare la vista disagiata della fossa medesima, si potrà rivestire esteriormente la fondazione nella suddetta altezza con uno strato di creta o di argilla ben pigiata, e dove il terreno non sia naturalmente ghiajoso e pervio, davanti all'argilla, per altrettanta larghezza, si disporranno delle pietruzze o della ghiaja da fiume, fig. 621. Un tale riempimento va prodotto a quattro o sei decimetri sotto il piano della cava in modo che l'acqua che vi si infiltra possa avere scarico verso la colta. Il rivestimento d'argilla al dissopra va lastricato e ridotto con quella pendenza che occorre, acciò l'acqua che sgocciola dalle grondaje scoli opportunamente. Queste precauzioni bisogna averle in ispecial modo verso la parte superiore del canale come si è già detto.

Se il mulino è congegnato a ruotismi e ingranaggi composti, fatta eccezione ai mulini pendenti, allora sminuisce il vincolo coll'altezza del pavimento, potendosi il più delle volte supplire col situare gli assi delle ruote di secondo ingranaggio più alti di quelli delle ruote maestre.

§ 253.

L'elevazione del fondo della cava e del pavimento converrebbe regolarla sempre in modo che l'operaio potesse passare liberamente col cesto del grano sulle spalle, senza urtare contro le travi del palco, e senza bisogno di doversi inchinare; quindi dovrebbe essere di met. 2,80 a met. 3,50 compresi le travature.

Un edificio più alto sarebbe esuberante al bisogno e disadatto alle usuali manovre. E siccome i piani dell'abitazione non devono essere più alti delle accennate misure, così, quando il livello della cava collimi col pavimento dell'abitazione, si terranno alla medesima altezza anche i palchi, e ne risulterà in quanto all'alzato un edificio regolare e ben proporzionato.

Se il fondo della cava, rispetto alla abitazione è molto depresso, si possono sopprimere le travi corrispondenti al palco delle macchine ed alla tramoggia, e praticarvi uno speciale soffittino, il quale riescirà ordinariamente

alcun poco più elevato del pavimento dell'edificio. In questo caso conviene a risparmio di spesa, omettere anche il secondo piano. È ben vero che il mulino deve avere capacità abbondante, e per l'abitazione e pei locali di servizio; ma è vero altresì, che si può benissimo provvedervi anche con un sol piano ampliando bastantemente la pianta dell'edificio; e siccome d'ordinario queste fabbriche devono essere piuttosto basse, così lo spazio necessario alle camere, bisogna cercare di ricavarlo al dissotto delle catene delle incavallature, e di approfittare anche dello spazio in soffitta o sotto il tetto per collocarvi qualche cameretta.

§ 254.

La disposizione e la natura delle fondamenta di un edificio qualunque, ed i precetti relativi, sono sempre soggetto di molta importanza, e lo sono ancor più quando si tratta di una costruzione idraulica, e perciò anche dell'impianto di un mulino. Da un buon fondamento dipende in singolar maniera la stabilità e la durata delle fabbriche di questo genere. Sulla importanza della buona fondazione dei muri, i varj casi che offre il fondo naturale, e i temperamenti che loro si addicono, l'esplorazione del suolo, ed i diversi metodi di fondare, tratta abbastanza diffusamente il Cavalieri nelle sue Istituzioni al cap. V del lib. III, per cui reputiamo superfluo l'estenderci a minuti ragguagli.

Le roccie ed i terreni a base petrosa, quali si trovano segnatamente nelle posizioni montagnose, sono i più acconci a servire di stabile e durevole fondamento, ma sono anche quelli che più di raro s'incontrano ne' luoghi opportuni ai mulini.

Quivi più spesso si hanno grosse ghiaje e arene fra strati di creta e di argilla, e sono essi pure atti a fondarvi, quando però abbiano uno spessore sufficiente e sotto di essi non vi sieno altri strati di terre soffici o cedevoli.

Queste materie però, cioè l'argilla, la ghiaja e l'arena, quantunque possano considerarsi abbastanza sode per le fabbriche ordinarie, non devono essere tenute tali pei mulini, prima perchè questi esigono maggiore stabilità, poi perchè le mentovate materie sono soggette ad essere ammolate e disciolte dalle acque.

In terreni consimili, sui quali un altro edificio potrebbe essere costruito senza scrupolo, pei mulini invece bisogna almeno farvi uno zatterone od ingraticolato, e rivestire esternamente la muraglia verso il canale con palanche, che impediscano all'acqua d'infiltrare nel terreno. Vedi fig. 622.

Se l'acqua del canale è in piccola quantità e la natura del suolo sia costituita di materie conformi alle ultime accennate, si potrà anche piantarvi sopra il fondamento senz'altro preparativo, avvertendo solamente di farvi una base piuttosto ampia: però la muraglia verso il canale sarà munita di zatterone e di palancato, o rivestita con semplici palanche, a seconda delle circostanze (fig. 623). Ma chi vuole avere una fabbrica solida, sarà sempre meglio che abbondi nelle dimensioni e nelle opere di presidio, anzicchè compromettere la propria sicurezza con una falsa e mal calcolata economia.

I terreni torbosi, cuorosi o palustri, le sabbie mobili e ondulanti, le terre smosse e i rovinacci non reggono alle fondazioni, a meno di produrre gli escavi fino a raggiungere il sodo; ed esigono indispensabilmente una palizzata come vedesi nella fig. 624. Ed anche là dove per un edificio comune potrebbe essere creduto sufficiente uno zatterone, non sarà troppo per un mulino. Ne' luoghi però, dove l'acqua non è molta, come nei mulini con ruote a cassette, basterà attenersi allo stesso metodo con cui si fabbricherebbe un edificio ordinario, avvertendo solamente di fortificare la muraglia verso il canale con buona palizzata, o almeno di difenderla con un palancato. La fig. 625 rappresenta la concatenazione di una palizzata con uno zatterone. — Del resto è necessario munire di palancato anche la palizzata dalla parte dell'acqua.

Se la fondazione di un mulino sorgere dovesse in parte sul nudo terreno, ed in parte sopra zatteroni o palificate, è sempre da raccomandarsi la massima precauzione, acciò non succedano assettamenti irregolari; per cui il più delle volte sarà opportuno protrarre le armature di consolidamento alcun poco anche ai muri di fianco che si uniscono a quello verso il canale.

§ 255.

Vogliamo ora parlare alcun poco del modo con cui sono stabiliti quei castelli, od intelajature di legname, su cui si piantano le fabbriche, e lo facciamo tanto più volentieri, sia per l'intrinseca importanza del soggetto, come anche perchè in questo particolare la maggior parte dei trattati d'architettura è manchevole. Non è però da apporsi questa menda al nostro Cavalieri, e per accertarsene non si ha che a leggere quanto egli ha raccolto sugli usi del legname nelle fondazioni de' muri al capo XIV, lib. II della mentovata sua opera (1). Con tutto questo, ci giova credere che non

(1) Può vedersi con vantaggio su questo particolare anche l'*Architettura civile* del Gilly, e l'*Architettura idraulica* di Eytelwein, sezione III, § 140 e seg.

riescirà inutile il soggiungere in proposito alcune pratiche nozioni che verremo ricavando dall'Eytelwein.

La graticola, o zatterone propriamente detto, è costituito dai correnti *a*, dai traversoni *b*, e dalla piattaforma, o fodera *c*, fig. 622. I primi possono farsi di legno segaticcio, grosso 12 o 15 centimetri e largo dai 20 ai 25, ed i traversoni di legno simile di 23 a 25 centimetri in quadro. I primi si spaziano dalli metri 1,25 alli metri 1,50 da mezzo a mezzo, e gli altri da centim. 90 ai metri 1,25. Le intaccature saranno profonde da 3 a 7 centimetri, ed intagliate metà per ciascuno dei membri da riunire, acciò non abbiano ad essere di troppo affievoliti. Negli zatteroni senza palancato, i correnti e la piattaforma si possono lasciar sporgere alcun poco oltre il vivo dei traversoni esteriori. La piattaforma è bastita con tavoloni grossi da 7 a 10 centimetri uniti a filo nei margini. Agli angoli, per migliore collegamento, i traversoni di un lato suppliscono ai correnti del suo contiguo, per cui una parte resta più alta dell'altra: ciò non fa difetto, perchè colla muratura tutto si conguaglia. Rimane ancora da osservare che le giunture dei traversoni non devono incontrarsi tutte ad uno stesso punto, anzi devono essere alternate con studio, comè vedesi in *AB*, *CD* ed *EP*, fig. 622, dove *a*, *b*, e *c* marcano le giunte dei traversoni. Tutte le unioni devono corrispondere ad un corrente, ed i singoli pezzi vanno concatenati fra loro con grappe di ferro.

I traversoni ed i correnti di uno zatterone possono essere lavorati e posti in prova nell'officina, e quindi debitamente contrassegnati. Quando si compagina effettivamente, bisogna prima di tutto disporre i correnti a perfetto piano di livello, e poscia vi si aggiustano sopra e vi si assicurano saldamente i traversoni. Gli'interstizj o quadratelli fra le travi si riempiono con cemento di malta e sassatelli, o pietruzze, o meglio con regolare muratura, e infine vi si adatta la fodera. La congiunzione dell'ossatura della fodera dello zatterone può farsi con cavicchie di legno, adoperando per la prima a maggior fermezza anche delle leghe di ferro. Bisogna specialmente avvertire che la riempitura fra gli scacchi dello zatterone sia eseguita a dovere, vale a dire, che sia bastevolmente solida, e cordeggi col piano superiore dei traversoni, acciò la fodera vi appoggi in tutta la sua estensione uniformemente, senza che rimangano viziosi vacui, ed in modo che lo zatterone costituisca un'armatura complessa ed atta a sostenere la compressione dei muri, ed a distribuirle equabilmente su tutta l'area fondale.

Il palancato a piedi del muro verso il canale, che a norma della qualità del terreno può essere dello spessore di 10 a 12 centimetri, è bene che sia affondato prima di costruire lo zatterone, perchè allora è più facile a re-

golarsi l'orizzontamento di quest'ultimo. Il palancato non deve esser congiunto allo zatterone, perchè se esso per avventura declina alcun poco, o s'avalla, i pali del palancato non ne risentono la mossa, e quindi non ne derivano cedimenti irregolari. Può invece il suo cappello essere unito con grappe di ferro al primo filare delle pietre che compongono il fondamento, come si vede disegnato nella citata fig. 622, giacchè le grappe si piegano piuttosto, o si distaccano dal legno anzichè impedire l'uniforme assettamento dei muri.

Si concepisce facilmente che con siffatti zatteroni, la pressione delle masse murali deve scompartirsi con certa uniformità a tutto il piano di fondazione, meglio che se il fondamento poggiasse sulla nuda terra, perchè il riempimento viene compresso in un coll'armatura di legno, la quale gli impedisce qualunque spostamento. Anche quando il terreno su cui si fabbrica è sodo per natura, non può a meno di cedere alcun poco sotto il peso dei muri, pure siccome i cedimenti avvengono lenti ed uniformi, avendo cura di elevare l'edificio sempre in misura regolata su tutta la pianta, non si manifesteranno che assai difficilmente delle fenditure, o distacchi, od altri somiglianti sconvenienze.

La *palificata*, o *palafitta*, fig. 624, è formata dai pali *a*, cui sono sovrapposti i cappelli *b* uniti a indentatura, dai traversi *c*, e dalla piattaforma, o tavolato *d*. I pali sono di forma cilindrica, e vengono affondati col maglio a rento: possono avere il diametro in testa di 25 a 30 centimetri, secondo il peso dei muri che devono esservi sovrapposti, e secondo che i cappelli si vogliono più o meno spazieggiare. La lunghezza va commisurata alla qualità del terreno, e deve essere bastante a conseguire che possano venire affondati fin che rifiutino quasi assolutamente il maglio. Prima di tagliarli dopo affondati, è necessario conficcare nel terreno uno o più pali di esplorazione, i quali dovranno essere alquanto più lunghi degli altri. La distanza dei pali sulla direzione della lunghezza dei cappelli, può essere dai 90 centimetri alli met. 1,25 da mezzo a mezzo: i cappelli poi non si tengono discosti fra loro al di là di met. 1,25.

Battuti ed affondati i pali, si tagliano riducendoli ad avere tutte le teste in uno stesso piano di livello, e vi si pratica un dente prismatico dello sporto di 8 centimetri, grosso 5, e largo 15 a un dipresso. Siccome è difficile che i pali riescano conficcati proprio verticalmente, così per correggere il difetto, bisognerà tracciare il dente in direzione verticale, il che si potrà facilmente conseguire coll'uso del piombino. Per segnare gli incavi corrispondenti nei cappelli, si può far uso di una piccola listarella di legno, la quale si colloca sulle teste dei pali, e vi si marciano le posizioni rispettive dei maschi, per riportarle in seguito sui cappelli.

I cappelli potranno avere la riquadratura di 23 ai 28 centimetri, e le traverse dai 25 ai 30 per lato. Queste ultime si dispongono ad intervalli di 90 centimetri, fino ad un metro e mezzo, e si collegano ai cappelli con un'intaccatura di soli cinque ad otto centimetri o poco più, e praticata in modo, che la residua grossezza del trave risalti al disopra. Fra le traverse si dispone la piattaforma la quale può essere fatta con tavoloni di 8 a 10 centimetri, e venir collegata con piuoli, o caviglie di legno ai sottoposti cappelli. Non cale che le traverse sormontino la piattaforma, perchè colla muratura tutto si adegua. Lo stesso succede ai capi della fabbrica dove i cappelli di un lato suppliscono alle corrispondenti traverse dell'altro, e si ottiene per tal modo un più intimo collegamento. Non è necessario che i cappelli sieno incavigliati coi maschi dei pali, non avendosi ragione di temere alcun sollevamento.

Il palancato a piedi del muro verso il canale può essere piantato radente al cappello esteriore, come nella fig. 624, ed essergli connesso con grossi chiodi coll'intermezzo di una filagna, o può situarsi sotto ai cappelli, nel qual caso fa le veci dei pali. In quest'ultima ipotesi però le palanche devono essere grosse da 15 a 20 centimetri mentre nel primo bastano dei tavoloni di 8 o 10 centimetri.

Il vuoto tra i cappelli della palificata, va riempito, o murato, come negli zatteroni, quantunque per verità, vi sia a far poco conto di siffatto riempimento, perchè d'ordinario poggia sovra terreno poco consistente, e perchè bisogna calcolare semplicemente sulla fermezza dei pali.

Il collegamento a coda di rondine delle traverse coi cappelli, non è giudizioso, giacchè snerva inutilmente i legnami. Inoltre, con questo metodo, occorre nella formazione della piattaforma una quantità maggiore di tavoloni per l'estensione equivalente alla superficie di tutte le traverse. Anche quei piccoli pali che taluni conficcano tra gli scacchi dell'intelaiatura, sono sprecati, mentre non la rinforzano menomamente.

§ 256.

L'architetto Gilly ha ideato una specie di pozzi o piloni murati surrogabili alle dispendiose palificate e zatteroni, i quali potrebbero benissimo essere applicati anche alle fabbriche dei mulini. — Noi ci limiteremo ad osservare che per preparare solida fondazione ad un muro, vanno distribuiti i piloni a distanze di 2 a 3 metri e mezzo da centro a centro, e segnatamente sotto ai canti, ed in corrispondenza ai piedritti tra le finestre: le escavazioni si fanno come per pozzi ordinarij, e si approfondano sino sul

vergine, vale a dire sin tanto che si trovi terreno sodo e compatto. Si riempiono poscia con pietrame, sfasciumi e malta, e vi si mura sopra regolarmente in modo da formarne stabili piloni. Fra questi si voltano delle arcate, e su di esse si elevano le muraglie. Di consimili fondamenti parla il Cavalieri al § 583. delle mentovate sue Istituzioni, ed è sicuro che devono riescire ugualmente opportune ed economiche in diverse circostanze (1). Un nuovo metodo singolare ed ingegnoso, praticato singolarmente dai Francesi in questi ultimi anni, per erigete con sicurezza sovra terreni molli e compressibili, è quello di interporvi degli strati di sabbia ben battuti e innaffiati con latte di calce.

§ 257.

È chiaro che la profondità delle fondazioni deve essere regolata a norma della profondità del terreno consistente, e che quindi non si possono assegnare a questo proposito delle regole generali. Se il fondo sodo si incontra a fior di terra, o lì vicino, allora è anche troppo profondare il fondamento a nove decimetri in circa nel suolo, nel supposto però che gli ambienti interni sieno più elevati, o per lo meno a livello del piano esteriore; altrimenti la fondazione bisognerà produrla alla indicata profondità, misurando dal piano interno più basso. — Lo stesso deve intendersi per il caso che vi sieno dei sotterranei, potendosi però quivi ridurre la fondazione ad un terzo meno di quella indicata. — La muraglia aderente al canale, ed una tratta delle laterali contigue, quando non posino sovra palizzate, si producono colle loro fondazioni fino a 6 ed a 9 decimetri sotto al fondo naturale dell'alveo del canale inferiore. Tornerà poi utilissimo l'aver presente nel tracciare tali misure di profondità, se per avventura col tempo avvenire non potesse occorrere di escavar l'alveo stesso per aumentare la caduta, o per altre vedute comunque; ovvero se sieno a temersi, o dietro, o sotto alla doccia degli sgrottamenti e delle corrosioni di fondo. — In qualunque ipotesi, eccettuato soltanto i terreni petrosi, converrà difendere la fondazione con un palancato, conforme vedesi nella fig. 623. — Non è poi assolutamente necessario che l'altezza dei fondamenti dell'edificio sia uguale dovunque, ma può essere giudiziosamente moderata, a seconda delle diverse condizioni che saranno manifestate dal terreno su cui si im prende

(1) Alquanto notizie sul modo di fondare ad arcate si trovano nella *Collezione di memorie e cognizioni utili, relative all'architettura*, dell'architetto Gilly, anno quinto, 2.^o vol. Memoria 3.^a, e nello scritto del medesimo autore *Sulla fondazione degli edifizj con pozzi murati*, Berlino, 1804.

a fabbricare. — Tutte le parti della fondazione però devono giacere orizzontali, e le diminuzioni di profondità devono essere praticate a risalti, o scaglioni. La fig. 626 rappresenta il profilo di un fondamento così fatto, condotta fino all'altezza dello zoccolo. Ivi è supposto che sia incontrato dal muro verso il canale, la cui grossezza è indicata da ab ; bc è la larghezza e l'altezza della cave in cui gira la ruota a corona; $c'd$ è il piano del pavimento davanti al ponte delle macchine, e $d'e$ quello del rimanente dell'edificio.

Cavando le fosse dei fondamenti, si levano le parti molli e cedevoli del terreno, fino a raggiungere il sodo, da cui resta determinata naturalmente la loro profondità. Con tutto questo però, bisognerà avvertire che le singole parti della fondazione, e specialmente quella del muro verso il canale, non devono essere protrate meno delle accennate misure. Gli strati del terreno sodo che si incontrano non devono essere ricavati troppo profondamente, acciò non divengano troppo deboli, e se ciò fosse necessario per raggiungere le misure di sopra prescritte, allora converrà presidiare la fondazione con zatteroni, o con palificate nei modi già descritti. Questo succede di spesso segnatamente pei muri fiancheggianti al canale, e quindi si sogliono disporre i medesimi sovra armature, e gli altri componenti il resto dell'edificio si posano sulla nuda terra.

Quando si trova necessario d'impostare la fabbrica sopra uno zatterone, bisogna portarsi a quella profondità che basti, perchè i legnami dell'armatura si trovino perpetuamente in umido; quindi si disporranno almeno a tre decimetri sotto il pelo della massima magra del canale inferiore. La parete lambente il canale deve necessariamente essere fondata al piano testè indicato per evitare le corrosioni e gli sgrottamenti. Per istabilire la profondità degli altri muri servirà sempre di norma il pelo magro del canale superiore, seppure la qualità del terreno non esigesse altrimenti. Se la differenza fra il pelo superiore e l'inferiore è rilevante, si suole le molte volte tenere alquanto più alta la palificata del muro corrispondente al canale superiore. Bisogna però assicurarsi che sia immersa costantemente nell'acqua, altrimenti il legname di cui è formata imputridisce, mentre invece si conserva, oserem dire, perenne, di qualunque qualità esso sia, purchè giaccia sempre sommerso.

È assai naturale che si domandi, se non torni meglio approfondire le fondazioni a 3, 4 o 5 metri e più, finchè si trovi il terreno sodo, di quello che costruire dispendiose armature di legname, ed a quale profondità le spese di fondazione pareggino quelle di un'armatura? A questo non è possibile il poter dare adeguata risposta, nè in generale, nè in particolare. In un

luogo è maggiore il prezzo delle pietre, in un altro sono più costosi i legnami; inoltre non si può indovinare se possano occorrere aggotamenti, nè in qual misura, o di quanta spesa. In quei siti dove l'acqua può essere deviata, le spese di asciugamento non saranno tante come in altri, dove non si possa usare un simile ripiego, o non si possa tutto al più che tenerle momentaneamente sospese con arginature. Anche la qualità del terreno influisce moltissimo alla maggiore o minore quantità dell'acqua da esaurire dai recinti fondali. In generale però possiamo ritenere che nel genere di edifizj di cui è argomento, occorreranno più spesso che in altri cotali presidj di palificate e zatteroni, per la circostanza che sono situati in vicinanza a canali o fiumi, ed in terreni per lo più difficili a poter essere messi in asciutto (1).

§ 258.

Circa alla grossezza dei fondamenti, è chiaro, che quanto è più ampia la loro pianta inferiore, maggiore fermezza e stabilità devono averne i muri, e riesce minore, perchè più ripartita, la compressione del fondo. Il fondamento alla cresta si fa ordinariamente da 10 a 15 centimetri più grosso del muro che vi deve sovrincumbere, ed al piede si allarga ancora da $\frac{1}{6}$ ad $\frac{1}{4}$ della sua altezza. Così, se dovesse stabilirsi una muraglia grossa 75 centimetri sopra un fondamento alto tre metri, si terrebbe grosso alla cresta 90 centimetri, ed al piede met. 3,50 a met. 3,75 secondo che il terreno fosse più o meno sodo. Per muri di fondamento poco profondi, per quelli eretti in un terreno di non molta saldezza, e per quelli che hanno bensì una certa elevazione, e sorgono da un fondo consistente, ma sono scoperti un gran tratto, come le muraglie che fanno sponda ai canali, per assegnare una pianta più stabile e più sicura a fondamenti siffatti, si desumerà la grossezza della parte inferiore aumentando la grossezza in cresta di $\frac{1}{3}$ dell'altezza.

E poichè, come già si è detto, la grossezza dei fondamenti alla cresta si fa da 10 a 15 centimetri maggiore della grossezza del muro che vi deve riposar sopra, così si può lasciare una risega esterna di circa tre centimetri e far risaltare il resto internamente. Per raggiungere la larghezza al piede, il muro, o si conforma a scarpa, come nella fig. 627, o si eleva

(1) Sulla espulsione dell'acqua dai cavi e dai recinti a stagno per le fondazioni murali trattano particolarmente il Cavalieri nelle *Istituzioni statiche ed idrauliche*, lib. IV, cap. VI, e l'Eytelwein, *Architectura idraulica*, sezione 2.^a

a scaglioni come nella fig. 628. Può ritenersi ugualmente acconcio e l'uno e l'altro dei due metodi, purchè, quando si usa il secondo, le ritirate non si facciano troppo risentite. Esse non dovrebbero mai essere più di 15 o 20 centimetri, e anche meno nei muri di mattoni, altrimenti le spianate superiori degli scaglioni avrebbero troppo poco collegamento. Pare d'altronde che queste ritirate a scaglioni debbano nuocere, per la facilità a ristagnarvi sopra l'acqua, e quindi a generare umidità alle muraglie. Al contrario la costruzione dei fondamenti a scarpa come nella fig. 629 è più ardua e vuole maggiore accuratezza, quantunque per vero dire non siavi stretta necessità che tutte le pietre sieno tagliate a sbieco. Non vi è difficoltà a dare alle pietre la disposizione indicata dalla fig. 629, giacchè la parte interrata non si vede, e sopra terra l'intonaco corregge ogni asprezza. Se vi fossero cantine o sotterranei, la troppo inclinazione dei muri fondali, produrrebbe cattivo aspetto; esteriormente invece è necessaria, dove la parete è lambita dall'acqua, perchè diversamente, colla struttura a scaglioni, l'umidità sarebbe attratta troppo facilmente dai muri. Nella parete verso il canale, dove il più delle volte il fondamento si limita al piano dell'intelajatura basamentale del ponte delle macine, per cui la sua altezza riesce d'ordinario minore di quella della fondazione generale dell'edificio, quivi bisogna lasciargli un aggetto, o rilascio dalla parte interna di 3 a 4 decimetri per potervi aggiustatamente collocare le travi dormienti del palco, come è dimostrato chiaramente colle fig. 28, 29, 517.

§ 259.

Nei mulini, più che nei fabbricati di altra natura, devono le fondazioni essere fatte con pietre molto solide, e resistenti agli effetti dell'umidità. Si presceglieranno quindi le pietre naturali di cava, di qualità dura e di impasto compatto, e le pietre artificiali ben condizionate, ossia i mattoni lavorati con scelta argilla e cotti a perfezione. La fondazione delle muraglie verso il canale sarà lavorata con pezzi di pietre piuttosto grandi ed anche apparecchiate, ossia trattate di quadro e di punta, quando si possa averle senza soverchia spesa. Se si adoperano trovanti e pietre grezze, si cercherà nello spaccarle o tagliarle di ridurne le facce possibilmente piane e regolari. La malta, tanto per le fondamenta che per le altre parti della fabbrica, deve essere di qualità scelta e preparata a dovere. Ogni risparmio a spese della bontà dei materiali, col fatto, è uno spreco.

I muri di contorno e quelli di separazione si possono fare con pietre naturali o con mattoni. I macigni e i ciottoli si adoperano solamente in caso di assoluta necessità, perchè in generale sudano troppo, o vogliam dire che l'umido vi si rappiglia; d'altronde l'irregolarità delle forme, e la difficoltà di lavorare e posar bene questi materiali fa sì che per acquistare l'opportuna stabilità, debbano aumentarsi considerevolmente le dimensioni dei muri. Non potendo fare a meno di lavorare i muri con scaglie o pietre spaccate, si cercherà, come si è detto per i fondamenti, di renderne le facce possibilmente piane, senza però riquadrarle perfettamente, giacchè questo porterebbe una spesa troppo forte. È ben vero però, che un muro ben fondato, e costruito con quadroni potrebbe dirsi indestruttibile. — La sua costruzione sarebbe dispendiosa, ma non impossibile. — Le muraglie di mattoni crudi, induriti all'aria, ed i muri così detti formacei, o di loto non sono adattati per fabbriche da mulini.

Sulla grossezza dei muri non si possono assegnare delle misure generali, perchè dipende dalla saldezza e dalle dimensioni delle pietre, dall'elevazione dell'edificio, dalla lunghezza dei muri stessi, dal maggiore o minore reciproco collegamento e da altre diverse circostanze facili a vedersi.

Le regole statiche, e le considerazioni dalle quali vanno desunti i limiti delle grossezze dei muri, da cui dipende la stabilità delle fabbriche, potranno apprendersi nelle Istituzioni di Cavalieri, nella Meccanica di Venturoli, nel trattato dell'Arte di fabbricare di Rondelet, ed in altri autori che hanno fatto particolar studio di questa materia.

In Italia è ben raro, come si è detto, che si faccia uso di costruzioni di legname, se non per ripiego, e solo per muri di divisione o di traverso. Non pertanto non vogliamo tralasciare di farne un cenno, almeno per erudizione.

Mentre non si debbono usare legnami soverchiamente robusti e grossi nelle costruzioni rurali, richiedendo questi la massima economia, è bene che sia osservato l'opposto nei mulini. Qui le pareti di legname sono per sé troppo deboli e troppo flessibili per potere resistere debitamente agli inevitabili scuotimenti; e se il legno è debole, ed i compartimenti grandi, le riempiture si staccano e strapiombano.

È dunque assolutamente necessario che le pareti di legname nei mulini sieno compaginate con pezzi scelti, sani, di buon taglio e robusti, purgati quanto meglio è possibile dall'alburno, e tagliati a norma dei migliori principj della carpenteria.

Supposto che si abbia un fondamento di massiccio convenientemente stabilito, vi si poseranno sopra le banchine col lato più largo; e i ritti si distribuiranno ad intervalli uguali di metri 1,20 al più da mezzo a mezzo. Ad ogni piano i ritti saranno collegati con due ordini di traverse, le quali verranno incastrate a-dente. Fuori di una saetta a ciascun angolo dell'edificio, e di altre due nel mezzo delle pareti molto lunghe, del resto non bisogna profondere membri di rinforzo, come sono le traverse oblique, le incrociature e simili, che ordinariamente riescono di poco, o nessun profitto alla reale stabilità dell'edificio.

Se la parete verso il canale deve erigersi sovra palificata, fig. 516, si userà una banchina di dimensioni piuttosto generose, la quale sarà unita a dente colle teste dei pali.

Allorchè il ponte delle macini non è molto depresso, per cui si possa sopprimere senza difetto la parte della soffitta al disopra della tramoggia, in questo caso le colonne, o ritti della parte verso il canale bisogna prolungarle a tutta l'altezza dell'edificio. Il collocamento de' palmenti contro le pareti di frontespizio della fabbrica, non portano altro mutamento nella unione delle pareti longitudinali se non che i ritti angolari, invece di essere troncati all'altezza di ogni piano, sono interi, e le traverse vi sono calettate, come vedesi nella fig. 630, preferendosi l'intaglio a coda di rondine *A*, che si stringe con bietta, e se si vuole anche con leghe di ferro. Al sito del ponte delle macini dovendosi sopprimere le travature della soffitta, si sostituiscono dei topi *a*, *a* onde non appaja esteriormente una difettosa interruzione.

Se ai frontespizj sarà collocato solamente uno o due palmenti, ma la fabbrica abbia maggiore ampiezza del bisogno cosicchè vi sia luogo da riporre i sacchi di grano e di farina lungo i laterali, in allora la parete verso il canale potrà costituirsi come al solito con travi posate al traverso, ed i ritti dei due piani esservi infitti, fig. 631. Per stabilire il palchetto su cui deporre i sacchi si introduce fra il somiere della parete di frontespizio *a*, e la prima trave attraversante del palco *b* una travetta *c*; su cui si appoggiano le traverse *d*. — Le travette non devono avere maggiore intervallo di metri sette, l'una dall'altra, altrimenti potrebbe succedere un incurvamento del somiere *a* ed anche di tutta la parete.

Allorquando il palmento si pone sul fianco dell'edificio, non occorre d'aggiungere altro collegamento alla parete verso il canale, oltre quello dei ritti incastrati nelle travi trasversali costituenti l'intelaiatura principale.

Se le travi costituenti una parete saranno più lunghe dei 5 metri, che è da riguardarsi come la massima ampiezza, perchè non succedano contorcimenti, anche in questo caso i ritti saranno in un sol pezzo che comprenderà i due piani, come dimostra la fig. 634, dalla quale si scorge eziandio in qual modo si collegano al ritto angolare le traverse dell'intelaiatura della parete di frontespizio. — La fig. 635 è una parte della corrispondente parete trasversale, in cui si osserva che la traversa superiore è incastrata nel ritto angolare. Anche qui l'unione può essere fatta a coda di rondine sul modello di quella delineata in *A*, fig. 630, e rinforzata eziandio con grappe di ferro.

Avendosi spazio bastevole da poter stabilire un palchetto pel deposito dei sacchi a lato del ponte delle macini, fig. 636, allora il ritto angolare non si compone di un solo pezzo comune ai due piani, ma si pratica collegare la parete col sistema rappresentato dalla fig. 637. Quest'ultimo collegamento, in quanto a stabilità, merita di essere preferito.

I ritti devono essere fatti con legname scelto e robusto; le loro dimensioni nei casi ordinari non sorpassano le seguenti: le travi poggiate sovra convenienti fondazioni murali si tengono larghe da 25 a 28 centimetri, e grosse dai 15 ai 20, quelle sovra pali, come alla fig. 516, saranno similmente larghe ed alte dai 30 ai 32 centimetri. I ritti angolari e quelli di collegamento da 20 a 23 centimetri di grossezza e 23 a 25 centimetri di larghezza secondo che la parete è più o men lunga. Quest'ultima misura si assegna per lato alla traversa costituente architrave. Le traverse intermedie, quelle che formano zoccolo al secondo piano, e le saette devono essere grosse da 18 a 20 centimetri e larghe da 20 a 23. I ritti, le traverse, le saette, e tutti gli altri membri di resistenza del piano superiore dovranno avere le loro dimensioni come quelle assegnate per il piano inferiore, diminuite però di uno, o due centimetri. Per una parete aderente al canale, con ritti intieri che abbraccino l'altezza di tutto l'edificio, i singoli membri saranno ingrossati di due centimetri in circa oltre le indicate misure. Le pareti della parte dell'edificio destinata ad abitazione, e quelle di separazione possono in generale lasciarsi più leggeri.

La murazione fra i compartimenti dell'ossatura di legname con cui vogliono essere perfezionate le pareti, deve fabbricarsi con molta accuratezza, e sarà regolata in modo, che presenti una superficie unita con quella dei travi, che sarà poi compita e lisciata coll'intonaco alla maniera delle or-

dinarie opere di muro. — Le facce dei legnami rivolte all'esterno, sogliono difendersi dagli influssi atmosferici coprendole di vernice ad olio; e le membrature costituenti la parete aderente al canale, possono essere spalmate con catrame.

§ 262.

La faccia esterna delle pareti verso acqua, sieno di muro, o di legnami, vuole rivestirsi con tavolato fin dove può arrivare lo sprazzo delle ruote. Le giunture di questo rivestimento si coprono con regoli, e si spalma il tutto con catrame perchè si conservi maggior tempo. Questo spalmo poi si rinfresca a brevi tornate.

Se le pareti sono di legname, il rivestimento si inchioda alle traverse, agli zoccoli, ed agli altri membri dell'intelajatura; ma se la fabbrica è di massiccio, allora bisogna murare al luogo delle pareti dei grossi correnti ritenuti saldamente con grappe di ferro, sui quali poi si inchiodano le tavole, fig. 638. Siccome i correnti col tempo marciscono, ed i chiodi, quando occorre di rinnovare il rivestimento, non vi possono più stare attaccati, perciò è necessario disporre le cose in modo che si possano cambiare anche i correnti senza recar guasto ai muri. A questo fine, si dà alle grappe la forma indicata colla fig. 639, si suggellano saldamente nel muro, e vi si assicurano i correnti con una sola caviglia, o chiavetta che si passa nell'occhio in testa.

Per impedire che s'insinuï dietro al rivestimento non solo l'acqua spruzzata dalle ruote, ma anche la pioggia, si munisce all'alto di uno sgocciolatojo, fig. 638. — I muri costrutti con pietre conche non hanno bisogno di alcuna difesa.

§ 263.

Le impalcature e le soffitte nei mulini sono costrutte come quelle degli altri fabbricati, colla sola avvertenza che vogliono essere più robuste perchè possano reggere agli urti ed ai traballamenti continui a cui sono soggette. Oltreccìò vanno praticati opportuni artificj per difenderle dalle insidie dei focolari e delle gole dei cammini.

Quella parte del pavimento dove si depongono i sacchi del grano e della farina, merita di essere particolarmente considerata. Ordinariamente per la sua posizione riesce imbarazzante il munirla di sostegni confacenti alla resistenza valida e continua cui deve opporre.

Nei magazzini da grano di solito il carico viene distribuito con ordine ed uniformità, quivi all'incontro spesso si aggrava straordinariamente una parte, mentre l'altra si lascia vuota, a seconda della pratica con cui si macina. E siccome d'altronde nei mulini il grano si tiene quasi sempre insaccato, così succede che i lavoratori gettando i sacchi sconsideratamente producono scosse notabilissime, e assai pregiudizievoli alla stabilità delle impalcature, e gli stessi muri, che ne sorreggono le travi, non di rado ne riportano danno da queste commozioni, che manifestano poi con significanti crepature.

A questo riguardo, potrebbe essere conveniente negli edifizi murali a non collegare coi muri le travi dell'impalcatura su cui si raccolgono i sacchi, appoggiandole invece sopra travi appositamente erette lungo le pareti.

Quando i palmenti sono disposti sulle fronti dell'edificio, i travicelli del solajo è bene che attraversino tutta l'ampiezza dell'ambiente, ma dove corrisponde il palco delle macini, ivi si sopprimono. La fig. 640 rappresenta la disposizione di un solajo, dove le travi di sostegno sono collocate in direzione trasversale mentre i travicelli stanno alla lunga, ossia paralleli ai fianchi dell'edificio. La trave di sostegno verso il palco delle macini va messa a quella distanza che occorre, onde chi monta al palco non provi impaccio. Ordinariamente questo si consegue ponendo l'ultima trave a perpendicolo colla faccia anteriore della madia del buratto, supponendo il mulino distribuito col sistema generale che abbiamo descritto al Capo secondo. I travicelli, nel caso rappresentato colla figura indicata, hanno appoggiata una testa sulla parete divisoria fra il mulino e i locali dell'annessa abitazione; l'altra è sorretta dalla trave poc'anzi avvertita, e da questa fin presso alla tramoggia sporgono a trabalzo per circa met. 1,25 a met. 1,50, senza però che questo faccia difetto, giacchè in quella posizione il solajo è sempre meno aggravato. I travicelli aderenti al muro, posano in parte sul rilascio solito ad esservi praticato e corrono intieri fin contro al muro frontale: le sue teste si uniscono con chiave per maggiore collegamento e contrasto delle parti componenti l'edificio.

Collocando i palmenti sul fianco, tutti i travicelli del solajo che vi corrispondono vanno recisi come nella fig. 641.

Se le pareti fossero di legno, non importerebbe gran fatto che i travicelli fossero disposti sul lato lungo dell'edificio, e nel caso che l'ultimo di questi verso il palco delle macini debba essere troncato, si può supplirvi con particolari combinazioni, come sarebbero a modo d'esempio quelle che si vedono rappresentate colle fig. 632 e 633. — La prima di

queste può servire solamente nel caso che il travicello *b* sia intero; che se dovesse essere tagliato, come nella fig. 633, allora si prolunga la traversa *c* fino contro al prossimo travicello *f*, e quello *b* si indenta colla traversa *c*.

§ 264.

Il tetto di un mulino non differisce dall'ordinario sistema di quello degli edifizj comuni. Lo costituiscono due parti distinte, l'*armatura* e la *copertura*. la prima è di legname, la seconda di materiali laterizj, a cui in alcune regioni si sostituiscono le ardesie, od anche le canne palustri, i giunchi e la paglia.

Le armature usuali sono formate da sostegni, o incavallature di figura per lo più triangolare, le quali si framettono ai muri di frontespizio, quando questi sieno fra loro troppo discosti. Sulle incavallature si dispongono il colmereccio e gli arcarecci, o canteri, traverso ai quali si mettono i correnti o travicelli; e questi finalmente portano le listelle, o cottichette, su cui si distende immediatamente la copertura, se questa è fatta con tegoli della struttura ordinaria.

Alcune volte si sopprimono le listelle, e invece si ravvicinano i travicelli, in modo che nell'intervallo reciproco vi possa poggiare il tegolo. Di questa foggia sono costrutti i coperti così detti alla piemontese.

Opportuni possono essere nelle fabbriche di questo genere, i tetti *pianellati* e gli *intavolati*, allorquando si voglia praticare a granajo o alloggiare lavoranti nel solaro.

Il tetto pianellato è fatto come quello che abbiamo descritto, fuorchè a luogo delle listelle vi sono le pianelle, sorrette dai travicelli, la cui distanza perciò è misurata dalla lunghezza delle stesse pianelle; e sopra queste si collocano i coppi come all'ordinario. L'intavolato non ha altra differenza da questo, che di essere munito di tavole al luogo delle pianelle.

Il coperto serve a difendere la fabbrica dagli esterni influssi, perciò deve essere eseguito con tutta la diligenza, e con materiali durevoli e di buona qualità. Per questo sono da escludersi gli abbajni, ed altre consimili aperture, le quali non fanno altro che dare facile adito all'umido, e se occorre anche alla pioggia in caso di procella, a danno della conservazione di questa dispendiosa ed importante parte dell'edifizio.

A questi semplici cenni da noi fatti, per non essere qui luogo di trattare particolarmente di cotale soggetto che richiederebbe ad essere sviluppato un apposito Capitolo, potranno venire in sussidio le opere di

Cavalieri, del conte Luigi Ponza di San Martino, di Rondelet, dell'Hasenfratz, di Duhamel, e più ancora la Memoria di Belmas sulla copertura delle fabbriche in generale, pubblicata nel N.º 11 del Memoriale del Genio.

§ 265.

Il mulino vuol essere rischiarato con bella luce, e quindi bisogna pensare alle finestre adattate. Se i locali sono oscuri, male e difficilmente possono eseguirsi i lavori, e la macinatura non può essere regolata colla debita accuratezza. — Dunque non si faccia risparmio nella grandezza e nel numero delle finestre.

Non si intenda però con questo che abbiano a tenersi i piedritti tra le finestre troppo scarni, meno poi gli angolari. I primi, quando le finestre sieno larghe da 9 a 11 decimetri, non dovranno farsi meno di met. 1,80, e gli altri mai meno di met. 2,20. A questa regola mettono eccezione le finestre circolari, potendosi in tal caso diminuire alquanto le dimensioni dei piedritti.

Le finestre arcuate e le mezzelune, per la stabilità delle pareti sono certamente le migliori, ma anche le usuali di forma rettangolare, non scemano alla resistenza delle masse, come si vede in effetto, quando sieno costrutte secondo i buoni principj dell'arte muratoria, e sieno rinforzate all'architrave colla loro voltina nascosta. Non è dunque necessario preferire le prime alle ultime, trascurando la comodità e la buona distribuzione. Verso il canale soltanto potrebbero ordinariamente essere applicate con vantaggio; del resto ogni forma è buona, purchè riesca opportuna, e addicevole all'uso, e presenti un aspetto regolato.

Dovendosi in generale ne' mulini evitare le correnti d'aria, si muniranno le finestre di buone invetriate, le quali però non saranno fisse alle rispettive intelajature, onde si possano levare facilmente tutte le volte che vi occorran ristauri, e per ripulirle di frequente. Quantunque le invetriate a sportelli apribili sieno più costose, pure non è a compararsi la maggior spesa cogli inconvenienti dei vetri fissi.

La porta d'ingresso della casa annessa al mulino deve essere situata in modo, se è possibile, da non comunicare collo stanzone dove si macina, o almeno, come si è detto al § 250, si stabilirà un andatojo, o passaggio separato. Inoltre sarà ampia abbastanza da potervi introdurre ruote, alberi, pietre, e quant'altro occorre alla costruzione e ripari delle diverse parti dei meccanismi.

Quando la porta d'entrata sta in faccia ai palmenti, invece di essere aperta nel muro di fianco, allora bisogna praticare una porticina speciale, o nel muro verso le docce, o nel suo contiguo, per facilitare l'accesso al canale, senza che si debba girare intorno a tutto l'edificio.

Non è raro che gli alberi non possano essere introdotti nè dalle porte, nè dall'apertura in cui devono essere posti a girare. In questo caso bisogna formare delle aperture apposite. Si può pertanto lasciare una breccia in qualche parte dell'edificio, la quale si chiude con grossa pietra da levarsi ogni qualvolta si presenti l'occorrenza.

Tutte le porte del mulino al pari delle finestre devono potersi chiudere con esattezza, acciò non vi penetri l'aria esteriore. La porta d'ingresso non è possibile che stia sempre chiusa, ma quando sia disposta colle cautele che abbiamo indicate, e non vi sieno altre aperture schiuse, non si avranno a temere facili riscontri d'aria. — Una corrente notevole suole non di rado stabilirsi dall'occhio per cui passano gli alberi delle ruote, la quale è assai nociva, in quanto che è piena di quella nebbia vaporosa che alzano le ruote sprazzando l'acqua, e s'insinua e si depone sulle parti del meccanismo che l'attraggono, e a poco a poco ne soffrono danno e rovina.

Per impedire possibilmente una tal cosa, si attacca a ciascun albero, presso alla parete verso l'acqua un disco *a*, fig. 642, il quale difende l'apertura, e impedisce all'acqua di penetrare nell'interno. L'assicella *b* poi forma coperto al disco, e toglie che l'acqua possa sgocciolarvi dietro. Il disco non può mettersi proprio rasente al muro, ma deve avere un distacco di due centimetri almeno, per lasciar luogo ai movimenti traslativi cui l'albero può talvolta essere soggetto.

§ 266. *Impalcato di legno*

Il pavimento dello stanzone davanti alle macine dovrebbe sempre essere coperto con impalcato d'assi bene piallati e calattati, sia per poter ricuperare la polvere farinosa che vi si deposita, come anche per minor guasto dei sacchi e della farina che racchiudono, e per impedire la putrefazione delle madie, dei frulloni e di tutti gli altri arnesi del mulino. Se lo spazio sotto all'impalcato deve rimanere vuoto, si adoperano dei tavoloni da 5 a 8 centimetri di spessore, o per far meglio, si distende l'intavolato in raddoppio, con tavole grosse 3, e fin 4 centimetri, in modo che le unioni si ricoprano a vicenda. Ben s'intende poi che le tavole de-

vono essere inchiodate bene e fortemente alla sottoposta ossatura di travi: e se il piano è soggetto ad allagarsi, bisognerà collegare l'ossatura ai pali, con grappe di ferro, altrimenti tutto il pavimento verrà sollevato in alto.

I pavimenti e le soffitte dei locali destinati per abitazione si fanno come negli ordinarij edifizj civili.

I CANTIERI DEL

LIBRO V. § 267.

ga l'ordinamento di questi cantieri di fabbrica, e di questi di

Il fondo della cava in cui gira lo scudo, è ben raro che sia difeso da impalcatura d'asse, o lastricato: comunemente è una pozza di acque fetide e malsane, le quali coll'umido che mantengono, e coi vapori che esalano, arrecano guasti notabili alle membrature dei meccanismi, e quel poco di farina, che vi cade dentro, non è più recuperabile.

A togliere questi difetti gioverebbe assaissimo che questa cava fosse rivestita di tavole, od ammattonata, cosicchè il suo fondo potesse conservarsi costantemente pulito.

Non sempre per altro si può disporre il piano della cava tant'alto che l'acqua, almeno nelle escrescenze non lo invada, quindi se l'acqua del canale inferiore sarà frequenti volte soggetta ad alzarsi, e ad allagare conseguentemente la cava, allora si ricorre all'artificio di imprigionare lo scudo in una specie di canaletto, o trogolo, fig. 643, e il piano della cava si tiene alto da 40 a 60 centimetri al disopra del punto più basso del suddetto trogolo. In questo modo, non solamente si avrà il piano della cava più asciutto, ma il vantaggio altresì di poter macinare anche quando il pelo dell'acqua sorpassa il livello dell'estremo inferiore del diametro verticale dello scudo, e se l'acqua non cresce straordinariamente in modo da soverchiare il trogolo, lo scudo continuerà a girare all'asciutto.

Se il fondo della cava dovrà esse impalcato, converrà prima profundarlo un metro circa, indi riempirlo di ghiaja ben purgata e viva, e lasciare disotto alle tavole un vacuo di quasi tre decimi di metro. Le travi dell'orditura devono essere assicurate stabilmente, e le tavole piallate, calettate e chiodate con forza acciò l'acqua non possa sollevare l'impalco.

Siccome talvolta avviene che l'acqua sormonti il piano della cava, così sarà necessario praticare uno sfogo nel muro verso il canale, per darvi ricapito: e questo scaricatojo dovrà essere alcun poco più basso del piano della cava.

Il trogolo può costruirsi di pietra, o di legno. Nel primo caso o si adoperano pietre conche, o mattoni scelti e ben cotti. Quelli di pietra sono i

migliori, quando la natura del sasso sia di buona qualità e non assorbente. È vero che richiedono una spesa piuttosto notevole, ma sono fatti una volta per sempre. Tanto questi trogoli di pietra, quanto quelli di mattoni, vogliono avere un buon fondamento, per togliere il pericolo che avallino.

Il trogolo con muro di mattoni potrà avere la struttura indicata dalla fig. 645; nè soltanto i mattoni dovranno essere di buona qualità, ma anche la malta, la quale sarà impastata con calce forte estinta di recente, mista con parti uguali di sabbia e polvere di mattoni. Gioverà moltissimo l'aggiungervi anche una certa quantità di scorie di ferro polverizzata, e passata allo staccio, e più ancora il far uso della pozzolana.

Se vanno lavorati di legno i trogoli, si possono ricavare da tronchi di convenienti dimensioni, oppure saranno congegnati con tavole unite fra loro, bene calettate, e raddoppiate, con tramezzo una tela incatramata, perchè riesca a tenuta d'acqua, indi potranno essere impeciati dentro e fuori.

Per quanto sieno opportuni i trogoli, laddove l'acqua è soggetta ad alzarsi contro allo scudo, non mancano però anche di avere con sè molti inconvenienti, fra i quali è a notarsi specialmente l'incomodo di doverli ripulire, e votare nel caso che l'acqua li avesse soverchiati, o vi fosse penetrata, per effetto di loro cattiva costruzione.

§ 268. Non pochi trogoli si costruiscono in forma di arco.

§ 268. Non pochi trogoli si costruiscono in forma di arco.

§ 268. Non pochi trogoli si costruiscono in forma di arco.

Un edificio di non lieve dispendio, qual è un mulino, destinato a lottare colle intemperie e cogli anni, e dove si apparecchiano sostanze che servono ai primi e più essenziali bisogni della vita, è ben giusto che abbia un aspetto esteriore piacevole e proprio.

Un imbassamento ben pronunciato mostri robustezza al piede della fabbrica; o accenni che si lavora e si abita in luogo asciutto e pulito. Sieno i piedritti tra le finestre e le porte ampj, segnatamente ai canti: le finestre invece, e le porte stesse abbiano squarci regolati; intorno le aperture non sieno stipiti, o fregi, o se si vogliono, sieno moderatissimi, e senza ornati, o ghirigori qualsivogliano: pochi risalti, e questi pochi massicci e semplici; qualche leggera riquadratura senza grotteschi agli angoli, e senza corniciature intagliate; insomma sobrietà ed economia di decorazione, tanto che l'edificio conservi apparenza grave e robusta.

L'ampiezza dell'edificio, la massa dell'acqua che vi discorre, la grandezza e il numero delle ruote, colle loro doccie, il fracasso dei rotismi e delle mole, tutto insieme appalesa bastantemente al riguardante quale ne sia la destinazione: inutile quindi, e senza scopo sarebbero quivi le insegne e le sculture allusive che si volessero applicarvi. Nel resto, come in tutte le fabbriche, di qualunque genere esse sieno, si curi distribuzione conveniente al servizio, comodità ragionata, e solidità senza profusione, e l'intento non potrà mancare sicuramente.

CAPO SEDICESIMO

Della macinatura e delle operazioni analoghe.

§ 269.

Non sarà inutile forse il premettere che colle nozioni che veniamo a tracciare in questo Capitolo non si pretende d'insegnare all'abile mugnajo quali sieno le pratiche del suo mestiere. Queste non si imparano coi libri, ma sibbene colle assennate osservazioni e sperimenti, e coll'esercizio delle manualità e processi relativi.

Ciò non di meno, l'architetto che deve regolare e stabilire il piano di un mulino, bisogna che non sia ignaro affatto delle operazioni de' mugnaj e dell'andamento interno di un mulino, se ha da essere a portata di ordinare il tutto convenevolmente. Anche quegli che deve pronunciare giudizio di un mulino e de' suoi effetti, deve sapere come in fatto si eseguisca e con quali principj sia diretta la macinazione. Inoltre non sarà discaro a tanti altri il conoscere con qualche sviluppo i processi mulinarj, per poter ragionare di essi più rettamente che non si suole dalla comune. Forse anche il mugnajo potrà trovare qualche considerazione degna della sua attenzione, e da essere maturata.

La stessa macinazione, la preparazione del grano, e le altre operazioni analoghe, si esercitano in modi assai diversi, a seconda della qualità del grano da macinare, della qualità, e grado di finezza e bontà della farina e delle usanze particolari a ciascun paese. L'architetto prima di accingersi a formare il progetto di un mulino, bisogna che s'istruisca di tutto esattamente, perchè possa distribuire le varie parti della fabbrica a norma delle reali occorrenze.

Inoltre le operazioni del macinare sono generalmente regolate anche in corrispondenza alla distribuzione e struttura del mulino. Siccome poi qui nelle regioni Lombarde, e nelle limitrofe, l'usuale distribuzione è per tal modo ordinata, che colla massima semplicità possibile possono averi tutti i desiderabili prodotti, così non importerebbe quasi che si avesse a parlare delle varie usanze e modificazioni tedesche, francesi, inglesi ed americane, il che però abbiamo promesso di fare nel secondo Libro, non volendo in questo, fermi nel nostro assunto, trattare se non che delle pratiche nostrali le più comuni.

Fintanto che non si tratta d'altro che di sfarinare il grano, e di separarne le parti grosse dalle sottili, basta una qualche nozione dei mulini, e la pratica manuale. In questo caso la macinazione non è arte. — Tale però diventa quando si tratti di dover fare separazione della diversa qualità dei grani, di mondarli dalle impurità e da ogni sostanza eterogenea, sbucciarli, cavarne farino, tritello e simili, accernere questi varj prodotti in modo di avere la massima quantità di farina della migliore qualità e purezza. Le analoghe operazioni che occorrono in questo caso non sono più tanto materiali. Il mugnaio deve saper giudicare asseverantemente delle qualità del grano, e saperlo trattar tutte nel modo il più opportuno, non potendo egli scegliere a suo arbitrio, tranne qualche rara volta. — Non solamente deve essere in grado di disporre e riordinare un mulino, ma deve altresì saperlo adoperare all'uopo in modo da raggiungere l'intento a cui mira. Un mugnaio capace di tanto, il quale si studj di perfezionare sempre più i processi della macinazione merita incoraggiamenti, e potrebbe aspirare al titolo di artista.

§ 270.

Oltre ai frulloni, agli stacci, ed agli altri arnesi che si sono descritti, e che bisogna indispensabilmente in un mulino bene ordinato, per la macinatura si richiedono ancora delle casse o madie per la conciatura del grano, per aspergerlo, e per mescolarlo.

Queste casse ai fianchi devono essere libere perchè vi possa stare comodamente un lavorante da ogni banda.

In molti luoghi si concia il grano sul pavimento, il che riesce sempre più incomodo che non a far uso delle casse, massime se le riposte non sono straordinariamente grosse, oltrechè a questo modo non v'è troppa pulizia, e non di rado si ha pure del consumo.

Per la conciatura occorre eziandio un innaffiatojo ed una sessola usuale, l'uno per aspergere, l'altra per rimescolare il grano; e per ultimo vi vogliono pure dei cassoni per riporvi il macinato che si toglie dai frulloni, dove poterlo rimescolare, e lasciarlo rinfrescare. — In molti luoghi la farina si toglie dal frullone, si leva disotto la macina, e senza darle prima una rinfrescata, la insaccano. Questa pratica non è la migliore, e sarà sempre bene il rimescolarla prima uniformemente, giacchè non sempre la farina e il tritello si uniscono regolarmente, anzi il macinato preso nella parte posteriore del frullone è migliore di quello che corrisponde al davanti, come è facile a vedersi.

Nei mulini si tiene d'ordinario un cassone particolare piuttosto grande per raccogliervi la mulenda. Esso è fatto comunemente a più scompartimenti per tenervi separate le farine secondo le diverse qualità dei grani, cioè frumento, segale, orzo od altro. La capacità di questo cassone si regola a norma della quantità di farina che suole ricavarsi in un determinato tempo, e che si ha costume di raunare. Il cassone ha un coperchio per poterlo chiudere, in cui sono praticate delle piccole aperture da dove la farina può essere introdotta ma non estratta.

Nei mulini dove si fa commercio di farina, vi vogliono altre casse in cui conservarla, e la loro capacità si regola a misura della quantità, e delle diverse specie di farina che si sogliono preparare.

A completare il corredo degli arnesi che abbisognano per esercitare la macinatura, si richiedono ancora dei cavagni, o cesti per trasportare il grano, i macinati, caricare la tramoggia, ed altri consimili usi; converrebbe eziandio che vi fosse una esatta bilancia, nè dovrebbero mancare alcune macchine ed apparati per pulire, mondare e lavare il grano, scope ordinarie, ventilatori, crivelli d'ogni specie, spazzatoje, e simili.

I nostri mulini lavorano d'ordinario a macinare frumento, segale e grano turco, rare volte anche avena, orzo, piselli, veccia, o fave e miglio.

Il *frumento* per lo più si macina senza mistura, per trarne farina da pan bianco, e ad uso de' pasticciieri, e vermicellaj. Si fanno diverse qualità di farina secondo le circostanze, a cui si danno nomi differenti, e di cui la prima qualità è sempre la migliore, e le altre sono più e più scadenti. Quanto più poca è la farina di prima qualità, cioè il fiore che si cava da una data quantità di grano, tanto più bianca e più bella deve risultarne: la stessa avvertenza si applichi anche alle altre qualità inferiori. Per altro il ricavo di macinato di una data quantità di grano dipende dal grado di sua bontà, dall'uso che si vuol fare della farina, dalla economia e dalle consuetudini locali, che il mugnaio deve conoscere pienamente.

La *segale* si macina anch'essa per farne pane, o di tutta segale, o misturata con farina di frumento; anche di questa si cavano due o tre qualità di farina secondo il bisogno, e secondo la pratica.

Il *grano turco* si adopera esso pure a far pane puro e misto con farina di segale, e frumento, e moltissimo poi si mangia impastato e cotto con acqua.

L'*avena* si macina anch'essa, ma più di rado della segale, perchè rende poco, e quindi è meno vantaggiosa. Per altro fa un pane soffice, e molti pretendono che acquisti per questo un sapore gustoso.

La farina di piselli, che talvolta si mesce con quella di frumento e di segale, gli comunica un colore gialliccio. Se la dose mischiata è molta, il pane riesce ammazzerato, cioè male lievito e sodo. L'ottava parte del tutto, è il massimo che d'ordinario si possa tollerare.

L'orzo che di solito costa meno della segale, suole mescolarsi con essa per farne il pane: la farina di orzo si adopera dalle persone meno agiate per camangiari, invece di quella più costosa di frumento. L'orzo si cuoce altresì nell'acqua e si mangia a modo di minestra, al qual uopo si prepara mondato e perlato: Il maggior consumo però è quello che serve alla fabbricazione della birra.

L'avena, i piselli, le vecce sogliono ammaccarsi e tritarsi per darle a mangiare, o farne beveroni per gli animali.

Si sogliono macinare ed ammaccare molti altri prodotti della natura, cioè terre per vasi, colori, pepe, ghiande, ed altro; ma queste operazioni per lo più si eseguiscano con particolari apparati, i quali hanno bensì la comune denominazione di mulini, ma diversificano in moltissime parti da quelli che si usano alla macinazione dei grani, e per lo più sono animati o colla forza dei cavalli, od a braccia d'uomini.

§ 271.

È bene che il grano destinato alla nutrizione degli uomini sia mondato accuratamente prima di passarlo alla macina: e questa, dicasi pure schietamente, è una pratica rarissima da noi. — Per lo più vi sono frammisti semi stranieri, polvere, grumi di terra, ed altre immondezze. Ogni grano inoltre ha una ruvida resta ed una stria, o incavatura in cui si raccoglie la polvere mentre è ancora sul campo, e si aumenta nel raccoglierlo e trebbiarlo. Oltrecciò possono insorzarlo gli insetti, e le malattie, come la melata, la nebbia, la ruggine, la carie e simili, e renderlo malsano.

Se il grano in certi siti non viene purgato, e assortito, o è colpa del mugnajo che vuole risparmiarsene la fatica, o degli avventori che non vogliono saperne del calo che ne deriva, od anche delle prescrizioni ed ordinanze che stabiliscono la quantità di farina che il mugnajo deve rendere per una determinata quantità di grano, per cui correrebbe rischio di dover compensare col suo, il calo dipendente dalla conciatura e mondatura del grano.

Col vaglio ordinario, si mondano i grani dai piccoli semi eterogenei, e dalla polvere, e col ventilabro, si sventola anche la pula che molte volte vi sta unita.

Il processo migliore per mondare il grano è sempre la *perlatura*. Questa si eseguisce mettendolo sotto un mulino usuale, del quale le macini si temperano a quella misura che occorre, perchè il grano stesso abbia ad essere appena ammaccato e scantonato, ma non infranto. Invece del buratto si adopera uno stacciatore come quello al § 242 con stamigna di tela metallica, a maglie di tale calibro, che il grano intero non vi passi. In tal modo soffregandosi il grano tra le pietre, non solo si netta pulitamente, ma tutti i minuzzoli di terra si frantumano, e cadono sotto allo stacciatore insieme alla polvere, ai piccoli semi, ed alle altre immondezze.

La segale e l'orzo si perlano meglio stagionati e poscia s'acconciano. Il frumento invece, che sotto alle macini è soggetto facilmente ad essere infranto, si perla più volentieri bello e acconciato, al momento di doverlo mettere nella tramoggia.

Trattandosi di volere ricavare una farina scelta, e di bianchezza particolare dalla segala, si acconci, e prima di caricarla nella tramoggia, si tondi due volte, ammaccandola la seconda alcun poco più della prima, temperando le macini come si deve. — Si avverte però che con questo processo si hanno dei residui notevoli, per cui, sebbene buono considerato in sè stesso, pure non può essere generalmente accetto, massime a chi specula sul massimo prodotto.

Invece di tondarla una seconda volta la segale, meglio sarebbe infrangerla riavvicinando opportunamente le macini. Il buratto si tende pochissimo, acciò non resti avariato dai grani semplicemente infranti, e davanti si applica un vagliatore della struttura indicata al § 243 con tela di tal numero che lasci passaggio soltanto alla crusca ordinaria. — Ritornando alla macini la segale in questo modo già tondata e apparecchiata, i grani vengono nettati viemmeglio e liberati specialmente da quel pulviscolo che si insinua fra le loro grinze. Quella poca farina, che passa traverso al buratto, e specialmente la crusca che scerne lo stacciatore sono di color fosco, e d'ordinario pesano molto.

§ 273.

Se il frumento, è annebbiato bisogna lavarlo. Il metodo che ci pare più conveniente è questo: si prende un secchiame di forma cilindica, della tenuta di circa $\frac{2}{3}$ del moggio milanese che intero equivale a decimetri cubi 146,24, e si riempie a metà di acqua, poi dentro si versano due

44
sta o poco più di frumento, che è la carica, o riposta usuale di una tramoggia. Allora la nebbia si solleva a galla dell'acqua, e si può schiumarla colle mani. Il frumento si mescola e si rimescola nell'acqua con una scopetta, o con una spatola di legno, e vi si richiede a far bene questa operazione un particolare maneggio. Dopo l'acqua si decanta levemente, inchinando il secchione, e facendo in modo che coll'acqua si versi anche la nebbia galleggianti, senza che tocchi menomamente il grano. L'acqua che si versa la prima volta è nerissima, per cui l'operazione si ripete due, ed anche tre e più volte, fintanto che l'acqua sia bella schietta. Tolta che sia l'ultima acqua si mette il grano in un cesto di vimini, dove si lascia a scolare perfettamente, indi si passa ad acconciarlo, frammischiandolo e distendendolo con altro frumento già prosciugato.

Nei mulini regolati opportunamente, vi è una vasca a bell'apposta per lavare il grano, situata in modo che l'acqua può esserè attinta e sfogata facilmente, per cui anche le analoghe operazioni possono eseguirsi con comodità e con prontezza.

5 274.

Giacchè la macinatura, come si è detto più volte, non si limita soltanto allo sfarinamento dei grani, ma comprende anche la loro separazione dalle bucce, per riescirvi bisogna prima ammollarli, umettandoli con acqua, la quale operazione costituisce appunto la così detta *conciatura*, od *apparecchio*, senza di che il grano troppo secco e vetrino, non lascia la buccia, la quale perciò si contruzzola, e si sfarina insieme al grano. Inoltre il grano così disseccato non può dare una farina bella e soffice, perchè si polverizza troppo. — Non è che il grano raccolto di fresco e appena trebbiato, che macinato subito, mostra la naturale sua morbidezza, e senza altro apparecchio somministra bella e buona farina.

A macinare il grano troppo secco, senza prima conciarlo, la farina riesce meno bianca, e meno pura, e se non fosse altro, la quantità di farina scelta che si ritrae è minore.

Si acconcia il grano mettendolo nella apposita madia, o meglio in un vaglio, umettandolo coll'annaffiatojo, e tramestandolo tanto che basti, perchè riesca bagnato tutto ugualmente.

La quantità d'acqua necessaria per questa operazione ed il tempo per lasciarvi il grano in molle, non possono in generale essere determinati. Essi si regolano a norma della qualità del grano, secondo il metodo di macinazione e la natura delle macini. Ciascun mugnaio si dirige col pro-

prio criterio, e come la esperienza gli detta meglio, ma si guardi dagli eccessi che sono sempre dannosi.

§ 275.

La cosa più essenziale quando si macina il grano, è il governo del mulino. Quindi bisogna:

- a) Dargli l'acqua più o meno abbondante;
- b) Alzare o calare più o meno il coppo;
- c) Poter le macine a quella tempera che conviene;
- d) Dare maggiore o minore tensione al burattello.

Quali sieno i mezzi coi quali si possono effettuare le accennate operazioni, si rileva chiaramente dalla struttura stessa del mulino che abbiamo descritta al Capo secondo. La misura, invece ossia i rapporti che le devono regolare, dipendono da tante e così diverse circostanze, che non sarebbe possibile il poterle adeguatamente sviluppare e descrivere. Il mugnaio deve essere in grado di dirigere il lavoro nel modo il più conveniente; giacchè dipende dal buon governo del mulino il saper trarre farina buona o cattiva dal grano, ancorchè sia di scelta qualità, ben purgato ed accorciato, ed il poterne macinare più o meno in un dato tempo, senza scemare alla bontà della farina che si prepara. Tutto questo domanda la speciale attenzione e diligenza del mugnaio, nè può descriversi, o impararsi col mezzo di descrizioni. Pratica si vuole, criterio, ed osservazione attenta e ponderata, anima, e capacità a far meglio.

In generale si ritengano a questo proposito i suggerimenti che seguono. — È meglio che il mulino sia dotato di mediocre quantità d'acqua, acciò non abbia movimenti troppo agitati, o troppo deboli: nel primo caso la farina è soggetta a riscaldarsi, e perde di sua bontà; nel secondo le bucce e la crusca si distaccano meno perfettamente dalla farina, oltreccìò spesso volte non riesce sempre abbastanza sottile. Per altro il mugnaio non ha sempre in sua facoltà il quantitativo dell'acqua e del lavoro per i suoi palmenti. La mancanza d'acqua spesso lo costringe a dover operare con forza limitata, e ridurre il lavoro a poco; in altri casi invece, l'abbondanza delle richieste, o la pressa, lo inducono ad affrettare l'opera straordinariamente. Tutta l'abilità del mugnaio sta nel sapersi trarre d'impegno adeguatamente e in un caso e nell'altro. — Del resto non abbiamo mancato d'avvertire, § 28, che l'architetto deve essere avveduto, e saper prevenire quando pianta un mulino le occorrenze dipendenti dalla penuria, o sovrabbondanza delle acque.

Un buon mulino deve essere alimentato sempre regolarmente, acciò le macini possano lavorare senza consumo inutile di forza, o di grano. Anche questo dipende dalla quantità dell'acqua. Se il grano corre lento alle macini, queste sobbattono e si arrotano l'una coll'altra, macinano grosso, e ne risulta danno massime nella quantità della farina. Se invece corre troppo copioso, il grano si coacerva, e le macini non lo stritolano perfettamente, per cui bisogna rimacinarlo; e la farina riesce scura, e scheggiosa per la crusca che vi si frammescola.

Le macini dovrebbero essere poste a quella giusta tempera che occorre, acciò il grano che vi si dispone frammezzo non sia troppo, nè poco serrato. Se le macini stringono troppo, il grano invece di essere macinato viene contuso e ammaccato, e rende poca e cattiva farina; se invece stringono poco si ha l'inconveniente che si prova allorchando il grano scende in troppa quantità dalla tramoggia.

Il mugnaio deve osservare, quando macina il tritello, se le macini sono a tempera regolata, o se bisogni, e di quanto, alzare o abbassare la corritaja. I piccoli cambiamenti che occorrono in questo caso, sono veramente sorprendenti.

Il burattello deve sempre essere teso in modo che la farina riesca perfettamente abburattata; e il tritello che si separa, sia granuloso al tatto; altrimenti se vi rimane della farina conmistà, nel rimacinarlo si riscalda facilmente, e d'ordinario rende poca o mal confezionata farina. Però il burattello non ha da secernere che la sola farina, altrimenti volendo operare contemporaneamente anche la separazione del tritello e delle crusche, la farina riesce egualmente cattiva. Se il burattello si distende troppo, perde della necessaria oscillazione, e cessa di stacciare a dovere.

È indubitato che stacciando imperfettamente la farina, il tritello rimacinato dà minore e più cattivo prodotto. Meno poi bisognerà lasciare che passino dalla stamigna la loppa e le bucce, al qual uopo bisognerà avere speciale riguardo. E siccome anche la farina è più o men facile ad essere abburattata, secondo la qualità e bontà del grano, il modo di apparecchiare, e la quantità che si macina entro determinato tempo, per questo ogni mulino bene allestito dovrà essere provveduto di burattelli a stamigne di numeri diversi, e proporzionati alle circostanze, per poterne applicare di più fitti, o più radi come vuole il bisogno.

Se oltre alla buona qualità del grano, e della farina, si avrà cura eziandio di tenerla perfettamente monda anche dalle bucce, si avrà un macinato il più bello e il più sano che si cerchi, giacchè la finezza della farina non sta tanto nella sua morbidezza quanto nella sua mondezze e candore.

Il frumento si sbuccia con singolare facilità quando sia bene stagionato, netto e assortito, e si macina a tale finezza che le crusche possono venire separate perfettamente. Quando sia tutto disposto a dovere, cioè le macini bene auzzate e temperate, e il frumento acconciato come conviene, le crusche si agglomerano in sottili ricciolini e il grano vi aderisce poco o niente. La stacciatura si eseguisce col mezzo di un vagliatore, come al § 243, che si mette davanti al burattello, di tale finezza che non vi passi se non il tritello, ossia quella parte del grano che non è ancora compiutamente sfarinata; e dove non si abbia ancora introdotto questo apparato, l'operazione si eseguisce a mano.

Il tritello, o semolino che si ricava in questo modo, si rimacina ripassandolo fin tre, e quattro volte, secondo le circostanze. Siccome il semolino netto dalle crusche è assai piacevole e facile ad essere macinato, si darà minor acqua alle ruote che non suole usarsi per il grano intero, acciò il rimacinato si conservi sempre fresco e soffice.

La farina di prima macinazione è di qualità media; e quella che si ricava dal tritello rimacinato una volta, è la migliore. — Le due o tre rimacinate successive del tritello, rendono farina sempre più scadente. Questi diversi prodotti si mescolano assieme e si ha la farina di frumento ordinaria.

La macinatura del frumento presso di noi suole effettuarsi con due distinti metodi. Col primo si riduce il grano in farina con una sola operazione, il che dicesi volgarmente *macinare affatto* od *alla rustica*, poi se ne separa la crusca, e si divide la farina in diverse categorie a norma dei gradi di finezza; in alcuni casi, e massime nei paesi di montagna si ripassa la crusca alle macini per ricavarne una farina di qualità inferiore. Questo metodo esige che il coperchio o la mola superiore sia ravvicinata al fondo, e quindi una parte della crusca si polverizza, e si frammischia alla farina. Col secondo metodo, cioè colle macini così dette *da semola*, la macinatura si eseguisce in più riprese, e precisamente seguendo il processo di sopra accennato: la farina ricavata dalla prima macinazione grossolanamente eseguita si fa passare per uno sfaccio, e se ne cavano tre differenti prodotti, cioè: primo, una certa qualità di farina detta in commercio *modonese*; secondo una parte di grano che è anche la migliore, e che resta in frantumi detti impropriamente *semola*, e per ultimo la *crusca* che contiene ancora una certa porzione di farina. La suddetta semola, o tritello, si ripassa due volte con minuto crivello, e poste a parte le sostanze meno pure che si sono separate, si ritorna alla macina, e quindi al buratto, donde si

cava il fiore della farina, ossia la parte più perfetta. Le materie che non sono passate pel crivello, rimacinate esse pure una seconda volta, danno una qualità di farina *modonese* inferiore, e della crusca. — Le differenti crusche sono poi tutte ripassate sotto la macina e poi pel buratto, e danno un prodotto che si chiama *farinella*, o farina di infima qualità, e finalmente il cruscione.

Tutte le suddette operazioni sono in molti luoghi eseguite con sufficiente precisione, e dove manca la perfezione dei congegni supplisce l'abilità veramente ammirabile dei nostri mugnaj.

In giornata, cinque miglia intorno a Milano si contano circa quaranta mulini da semola, mentre da venti anni addietro, se ne numeravano da due o tre al più.

Per quanto ci è noto, non esistono mulini da semola, o vogliam dire a molitura economica, nelle altre province Lombarde, nel Veneto e nel Piemonte: per questo i fornaj delle città circonvicine che fabbricano pane di lusso, acquistano il fior di farina a Milano.

Un mulino all'economica di molta attività non deve mai aver meno di tre mole. Macinando affatto, ossia alla grossa, basta una sola mola; ma perchè il mulino sia sempre in azione, se ne richiedono due, giacchè in generale ogni due giorni è forza ripicchiare le pietre.

I Francesi sogliono macinare con metodi consimili ai suesposti. Il prodotto della macinatura rustica viene da essi assoggettato a quattro frulloni di diverso calibro. Il primo, che è il più fino, secerne la *prima e seconda farina di grano*; il secondo più grossolano del precedente separa la farina semi-bianca; il terzo lascia passare i *ricatti* o le *riprese*, vale a dire il tritello bianco, il cenericcio e il bigio. L'ultimo frullone, il quale non raccoglie che le staccature, separa la crusca dal cruschello, e della farina di tritello.

Nella macinatura economica seguono pressappoco i medesimi processi che usiamo noi.

La quantità di frumento che può essere macinata per ragguaglio in un'ora da un mulino usuale, così detto grosso o forte, e bene ordinato, può ritenersi di milanesi staja sei all'incirca (some met. 1). Da esperienze istituite nel 1827 da una commissione superiormente incaricata, sui cinque mulini stabiliti sulla fossa interna di Milano, i quali hanno tra tutti quattordici ruote attive; con altrettante coppie di macini, si trovò il prodotto di un'ora di molitura alla grossa variabile fra gli staja 4, 60 all'8, ed il valor medio corrispondente al lavoro di 24 ore continue, risultò di moggia 18, 43, che corrispondono appunto a staja sei ogni ora. All'appoggio di questi dati si è calcolato che i cinque mulini suindicati sono suscettibili insieme a macinare

moggia 72351 di frumento nel corso di un anno, supponendoli in istato di permanente lavoro sì di giorno che di notte, comprese anche le giornate festive, ed avuto riguardo alle interruzioni o sospensioni a cui vanno soggetti per l'asciutta ordinaria e straordinaria del naviglio, per eventuali riparazioni alle parti del congegno, per la martellatura delle macini, per il calo delle acque nei dì di festa, o per circostanze di navigazione, e per altri casi imprevedibili.

§ 377.

La segale è raro che si spogli così bene, da poterne tanto facilmente separare le bucce col crivello, come si fa del frumento, non ostante, quando sia preparata e conciatà come si deve, si lascia macinare perfettamente.

Anche la farina di segale non è tutta d'una qualità; ma si suddivide a seconda dei diversi gradi di finezza e bontà, e si passa e ripassa alle macini quante volte attalenta, e perfino a sei, per trarne quel maggior profitto che è possibile.

La molitura del maiz, o grano turco, dell'orzo, del frumento misto, e di altri grani, si fa in una sol volta, e spesso si fa il mescolglio dei grani prima di sottoporli alla macina, e allora si ricava la farina così detta *mistura*.

Il quantitativo della segale che si può macinare in una giornata, varia dalle 16 alle 20 moggia, e di grano turco si calcolano usualmente 8 moggia, ed al più dodici.

§ 378.

Perchè si abbia un'idea approssimata del prodotto che può ricavarsi da una determinata quantità di grano, a norma della sua qualità, e secondo il metodo di macinazione con cui si tratta, riferiremo i risultamenti adeguati di alcune sperienze fatte a questo proposito, dalle quali si rileverà eziandio quanto il metodo economico sia di gran lunga più vantaggioso di quello alla rustica.

*Confronto dei prodotti raggiunti di 1000 chilogrammi di frumento
ottenuti coi due diversi processi di macinazione*

	<i>Alla rustica</i>		<i>All'economica</i>
Farina bianca	Chil. 588	Farina di chicco o spolvero	Chil. 385
Farina bigiotta	" 72	Farina di tritello { 1. ^a qualità	" 191
Crusca	" 315		" 95
			" 50
			" 30
		Farina di cruschello	" 54
	" 975	Cruschello	" 62
Calo " 25		Crusca	" 108
			" 975
			Calo " 25

*Confronto delle quantità di pane che si possono ricavare
da mille chilogrammi di frumento macinato*

	<i>Alla grossa</i>	<i>All'economica</i>
Pan bianco scelto	Chil. 637	752
Simile di 2. ^a qualità	" 159	117
Pane bigiccio	" 159	117
Totale " 955		986

Da quest'ultimo confronto si rileva che la stessa quantità di frumento ridotto in farina col mezzo della molitura economica, dà un prodotto migliore in qualità, e più abbondante, di quello che si ricava macinando alla rustica.

A questi dati tolti dal Benoit (1) ne aggiungeremo altri più interessanti desunti da alcuni esperimenti praticati nel 1835 da un nostro distinto ingegnere al mulino di Malnò sul Lambro, coi quali si è voluto determinare il prodotto che si ritrae usualmente colla macinatura ordinaria di un moggio dei grani più comuni, cioè il frumento, la segale ed il grano turco, e quello che rende il frumento macinato col metodo economico.

(1) *Manuel du boulanger et du meunier*. 2 vol. Paris, 1836, 2. éd.

Ricavo medio della molitura ordinaria di un moggio dei seguenti grani:

Qualità del grano	Peso di un moggio in		Quantità del macinato		Crusca		Calo	
	lib. gr.	chil.	lib. gr.	chil.	lib. gr.	chil.	lib. gr.	chil.
Frumento	140	106. 75	138	105. 23	12	9. 15	2	1. 52
Grano turco	138	105. 23	134	102. 17	8	6. 10	4	3. 05
Segale	130	99. 13	128	98. 60	—	—	2	1. 52

I suddetti chil. 105, 23 di macinato tratto dal frumento sono suddivisi come segue:

Farina scelta	Chil. 80. 06
Roggiolino, o tondellino	» 5. 35
Roggiolo, o tritello	» 10. 67
Crusca	» 9. 15

Tornano Chil. 105. 23

In pratica si ritiene che quando il prodotto di roggiolo, roggiolino e crusca oltrepassa i 24 chilogrammi, sia poco a lodarsi della onestà del mugnajo.

I saggi di macinatura economica, od a riprese, eseguiti con quattro viaggi di frumento di dieci sacchi da chilog. 114, 375 cadauno, diedero questi risultamenti:

Dal 1. ^o viaggio di chil. 1143. 75 si ricavarono chil. 1143. 75 di macinato.
Dal 2. ^o » 1143. 00
Dal 3. ^o » 1139. 20
Dal 4. ^o » 1148. 25

E così dai quattro viaggi di chil. 4575 si ebbero
in tutto chili 4574. 20

Questo prodotto poi era suddiviso come segue:

Qualità del ricavato	Viaggio			
	1.°	2.°	3.°	4.°
<i>Semola</i> ossia fior di farina Chil.	431. 57	442. 25	448. 35	448. 35
Farina modonese	366. 00	364. 50	353. 80	364. 47
Farinetta	117. 43	115. 13	115. 15	110. 50
Tondello e crosta, nella proporzione di 6 ad 1 incirca	228. 75	221. 12	221. 90	224. 93
Formano Chilog.	1143. 75	1143. 00	1139. 20	1148. 25

Tutti questi dati, come ben si concepisce, non devono essere ricevuti che per una semplice approssimazione, dacchè si conosce quali e quanti sieno gli elementi di variabilità a cui possono essere soggetti.

La *mulenda*, o salario che si paga al mugnaio per la macinazione ordinaria di un sacco, o moggio di frumento di chil. 105, è di aust. lir. 6, 62, per un moggio metà frumento e metà melgone si pagano cent. 66, e per un moggio $\frac{7}{8}$ melgone e $\frac{1}{8}$ segale, cent. 71.

Presso ai foresi però si costuma di macinare a *moltura*, ossia a *scopellatura*, come essi dicono, ed è, che invece di pagare la fattura a danaro, si cede al mugnaio una quota parte del macinato, tra il decimo ed il dodicesimo del totale, cioè circa una metà e mezzo per ogni stajo di grano ridotto in farina. In Germania ordinariamente la mulenda è prescritta ad $\frac{1}{16}$ del prodotto.

§ 279.

Il mugnaio dopo avere caricata la tramoggia, mentre si effettua la macinazione, attende a mondare e assortire altro grano, ad auzzare le mole rintuzzate, e ad una quantità di operazioni d'altro genere, per cui non potrebbe sempre facilmente accorgersi quando la tramoggia è vuota; massime alla notte, se non vi fosse un artificio atto a dargliene avviso; e siccome importa assai alla conservazione del mulino che sia impedito alle macine di girare a vuoto, acciò non perdano il taglio, così si è immaginato a quest'uopo la così detta *tentennella*, o *svegliarino*.

Consiste comunemente la tentennella in un gruppo di ferri legati ad una corda, i quali cadono sulla mola quando non vi è più grano nella tramoggia ed avvertono col loro fracasso il mugnajo. In alcuni luoghi invece si ha un campanello unito al mulino con speciale apparecchio, il quale comincia a suonare qualche tempo prima che la tramoggia sia rifinita. L'insieme di questo apparecchio è rappresentato dalla fig. 647, e sviluppato nella fig. 648. Nelle due figure agli stessi pezzi corrispondono lettere uguali. Dietro allo scudo, sotto al palco e precisamente in mezzo all'albero dell'idraulica è collocato il mulinello *a* della tentennella, al quale è innestato il pirono *b*, che si unisce al campanello *d* col mezzo della corda *c*. Il mulinello *a* poi è traversato da un regolo *e* il quale può essere cacciato su e giù, a norma del bisogno, ed è attaccato alla funicella *f* che passa posteriormente alla tramoggia, e dentro la medesima si tiene legata ad una valvola, o cateratta *g*. Finalmente l'albero porta un naso o calcagno *h*, il quale batte contro il regolo *e*. — Ora, fintanto che la tramoggia è piena, la cateratta *g* resta compressa dal grano, o dal tritello, ed il regolo *e* resta sollevato dalla funicella *f* in modo che il calcagno *h* non lo può toccare; ma quando la tramoggia è prossima a vuotarsi, e la cateratta *g* non è più tanto aggravata, allora questa viene sollevata in alto dal peso del regolo *e* il quale perciò discende a segno che il calcagno può colpirlo e scuoterlo. — A questo modo si vede chiaro, che il campanello viene ad essere agitato dal braccio *b*, e della corda che vi è unita, e quando il calcagno abbandona il regolo, il campanello è riscosso di bel nuovo dalla molla *k*, e così continua a suonare ad ogni girata dell'albero finchè arrivi qualcuno, il quale tira in alto la cordicella *f*, e la appenda alla caviglietta *m* per mezzo dell'anello *l*. Se la cordicella *f* è di misurata lunghezza, quando si ricarica la tramoggia, l'anello deve alzarsi, ed uscir fuori della caviglietta, altrimenti bisogna avere l'avvertenza di distaccarlo, perchè possa ancora fare le sue funzioni.

La fig. 648 mostra in *A* uno dei due appoggi del mulinello, che sono attaccati sotto al palco delle macini; *B* è il mulinello visto di fianco. La caviglietta che attraversa il regolo *e*, gli impedisce di discendere troppo abbasso, e così la corda *f* non è in pericolo di essere stirata troppo, e schiantata. *C* è la cateratta la quale non deve pendere più bassa della parete della tramoggia, altrimenti quando si alza, il grano correrebbe troppo affrettato alle macini. *D* è il campanello col suo castelletto. Le sue spalle d'appoggio possono essere attaccate ai travicelli della soffitta. La funicella invece di legarla alla leva angolare *p* può accavallarsi ad una girella: la leva però lavora meglio, è meno soggetta ad oscillare, e la funicella si

conserva più a lungo, perchè il campanello obbedisce con maggior prontezza. Lo sviluppo di questa leva vedesi in *E*; facendola lunga quanto basti, vi si possono attaccare le funicelle di diversi palmenti.

Nei molini da perlaro, invece della cateratta *g*, bisogna far uso di un altro artificio, il quale si vede delineato nelle fig. 649 e 650. — Sul palco delle macini, poco lungi dal torniello della tramoggia, si adatta una ruota a grilletto *a* con apposito sostegno, montata sopra un asse *b* intagliato a vite; quindi si colloca un'asta *c* tra uno dei panconi d'appoggio e l'albero della ruota dentata, assicurandola con un estremo sul pancone d'appoggio in modo che dall'altro possa essere sollevata. Da quest'ultima parte si arresta un'altra asta *d*; e sull'albero si assicura uno sprone *e*, il quale ad ogni girata dell'albero solleva l'asta *c*, e per tal modo la ruota a grilletto *a* avanza di un passo; *r* è un grilletto, o saltarello, il quale impedisce che la ruota retroceda quando l'asta *d* ricade; *s* è un'altra asta forata che serve a tenere registrata l'asta *c* acciò non pieghi sui lati. Si attacchi ora la funicella *f*, fig. 649, di misurata lunghezza alla vite *b*, fig. 650, e l'albero collo sprone giri tanto che la funicella si svolga e si liberi tutta dalla vite, allora il campanello incomincerà a suonare fino a che sia di bel nuovo avvolta la funicella alla vite.

La lunghezza della funicella a seconda della carica della tramoggia, si determina con parziali osservazioni, e si fanno dei segni analoghi sulla vite.

Se lo scudo è di mezzana grandezza, basta che l'albero abbia uno sprone; ma se è molto grande, se ne mettono anche due.

§. 280.

Le pietre a macinare il grano si rintuzzano, per cui è necessario spesso rimetterle in taglio, o martellarle.

La quantità di macinato che si può avere ad ogni nuova azzatura, o martellatura, dipende dalla qualità della pietra e del grano. Se le macini sono di pietra tenera, ed il grano tegnente, grosso di buccia e immondo, si possono macinare tutt'al più da 70 a 90 staja, ma se la pietra è dura, e il grano morbido e netto, si può contare fin anche alle 120 ed alle 140 staja. Bisogna però curare per conseguire buon effetto dalle macini, che siano sempre disposte a giusta tempera, che il palo sia bene assicurato, e non traballi, che la corritoja giri bene equilibrata, e che insomma si usino tutte le diligenze possibili per operar bene, diversamente si dovrà ripetere l'azzatura a più brevi posate.

Il mugnajo fa presto colla pratica a giudicare quanto potrà macinare dopo di aver rimesse le macini in taglio, secondo la natura della pietra e del grano, e quando macina s'accorge sul fatto se le mole sono rintuzzate ed abbiano bisogno d'essere martellate. Allora il tritello e la crusca non riescono lisci e sdruciolevoli al tatto; il mulino rende meno, e non divide perfettamente la farina dalla buccia; la crusca quindi cessa di essere solfa e netta, e passa al buratto in larghe e ammaccate squamette. Il mugnajo accorto impertanto ogni azzata macina se non fin quando si presentano i sintomi che le mole abbiano perduto il taglio.

Bisogna altresì regularsi in modo, che l'auzzatura regga fino a riposta esaurita, giacchè è sempre un inconveniente quello di dover sospendere a mezzo la macinazione per scarpellare le pietre.

Per eseguire l'operazione, bisogna arrestare il mulino; ma siccome l'acqua non si può sempre togliere tutta affatto dalle ruote, e quindi girerebbero anche dopo levata la corritoja; così per tenere immobile il meccanismo si puntella lo scudo, come vedesi indicato nella fig. 651, col mezzo di una calzatoja che si mette a contrasto col disotto del palco delle macini. Questa puntellatura va fatta giudiziosamente, perchè se anche la ruota girasse lentissima, a volerla fermare istantaneamente s'arrischia o di spezzare la testa del dente dello scudo, o di rompere la calzatoja. A tale effetto, si chiude primamente la gora, si osserva se la narice sta esatta al suo luogo, e si cerca di arrestare compiutamente il meccanismo, facendo forza colle mani dai lati della corritoja, o con una stanga, avvertendo quest'ultima di adoprarla piuttosto verso lo spigolo inferiore, per non sbilanciare la corritoja stessa.

Ravvicinando le macini a sfregamento, si potrebbe rattenere il mulino con maggior facilità; questo però non si deve fare, perchè girando a vuoto, si consumano e si lisciano.

Quando la corritoja sia ferma, si farà girare alcun poco a ritroso, fintanto che i denti dello scudo si stacchino dal rocchetto, perchè così si potrà levare più facilmente il palo dalla narice. Per ottenere quest'ultimo intento si afferra un fuso del rocchetto, e si riscuote il palo alcun poco, oppure lo si batte con un martello. Se la testa del palo, e la narice sono bene calibrati, allora si separano presto. La corritoja non deve mai sollevarsi, se prima non si abbia staccato il palo dalla narice.

Le mole si smovono e si alzano cogli utensili e colle manovre descritte al § 217. Ma per impedire, quando una mola è in piedi che scorra lungo il palco, od inclini sui lati, suole assicurarsi con apposita intelajatura, fig. 652, la quale è costituita da due travotti uniti con traverse, e si appoggia contro

la mola dormiente; perchè poi non sfugga all'indietro, si puntella contro la parete, o si ferma con una grossa caviglia *b*. La corritoja non si ribalta interamente, ma si mette inclinata, come vedesi nella figura suddetta, adagiandola contro ad un pezzo di trave *c*, o sorreggendola con altro artificio comunque. Il più semplice è quello de' nostri mugnaj, che vi piantano il capo di una stanga nell'occhio, e l'altro fanno servire d'appoggio contro il pavimento. In questo modo però la macina è soggetta a rotolare.

Come si effettui l'auzzatura, lo abbiamo descritto al § 211, nè altro ci rimane in proposito ad aggiungere.

Ogni volta che si eseguisce l'auzzatura va esaminato il bossolotto del palo, e nel caso che fosse allentato, bisogna di bel nuovo incunearlo. Quando il palo gira nel bossolotto senza tentennare, non occorre stringerlo con zeppe, come adoperano male a proposito alcuni mugnaj, perchè in tal caso il palo gira a stento, e si scalda con facilità.

Per incuneare il bossolotto si usano zeppe di legno dolce, acciò la mola non si spezzi, e vi si mette anche della pasta. La cura principale da avervi è che il bossolotto abbracci il palo sopra e sotto ugualmente, senza che lo stringa troppo, onde evitare gl'inconvenienti accennati.

Taluni hanno la falsa costumanza di ficcare i cunei coi quali serrano il bossolotto, troppo d'avvicino al palo, per cui non dilatano che la parte superiore, e l'interno viene ad essere spaccato subito. Di qui deriva il difetto che il bossolotto non solo si allenta molto, e ripetutamente, ma dura eziandio pochissimo.

I più comodi e convenienti sono i bossolotti di metallo descritti al § 216 i quali, come vedremo parlando dei meccanismi introdotti coi nuovi metodi di macinazione, sono sempre usati di preferenza; questi si allentano più adagio, e le lastrine metalliche possono essere cambiate con tutta facilità.

Compita che sia l'auzzatura e regolato il bossolotto, si rimette in palo la mola, operando come fu indicato al § 217, poi si leva la calzatoja *a*, fig. 651, afferrandola in testa, presso al palco, e facendo in modo che i denti tocchino i fusi, prima che sia tolta del tutto, altrimenti trascurando questa precauzione, i denti urteranno con forza contro ai fusi, i quali per l'inerzia della macina proveranno una scossa violenta, e tale da produrre anche lo schiantamento di qualche membratura.

Finalmente, nel tempo che si auzza, è necessario che siano ispezionate diligentemente tutte le altre parti del meccanismo per farvi quei piccoli ripari che si rendessero necessarj.

Il mugnajo, non basta che abbia caricato ed avviato il mulino, ma deve eziandio durante la macinazione esaminare se tutto procede in buona regola, non essendo raro che succedano degli sconcerti, i più grossi dei quali si appalesano e si riconoscono facilmente se il mulino varia ne' suoi movimenti: i piccoli sconcerti poi si ravvisano osservando attentamente i prodotti del frullone.

Oltracciò il mugnajo deve invigilare continuamente, che nessuna delle membrature del meccanismo si allenti, o traballi, potendone derivare da ciò pregiudizj notevoli. Questi ultimi si possono bene spesso ovviare, allorchè si scorgano abbastanza in tempo le magagne, e si vada tantosto al riparo delle medesime. Tali sarebbero per un esempio le fenditure del frullone, per cui ne perdesse la farina; il traballare dei denti, e dei fusi; il rilascio de' cunei che calzano il registro, od i pulvini; l'allentamento del bossolotto; l'eccessivo riscaldarsi dei perni, o del palo; il soverchio approfondire dei perni ne' pulvini, ed altri guasti di consimile natura.

Un'operazione che il mugnajo non deve dimenticare è l'unzione, o lo spalmo. I denti e i fusi amano meglio il sapone; ai perni ed alle vierre invece torna più confacente il sego. Nelle ralle si adopera anche l'olio.

Queste ultime bisogna tenerle pulite, e quando l'unto si addensa, levarlo e rimetterne del nuovo. — Alcuni le coprono, acciò non vi si deponga la polvere, ma in tal guisa è tolto loro il contatto dell'aria, e il palo massime si riscalda più facilmente. Altri invece adattano una molla sotto al rocchetto, la quale girando rade, e spazza continuamente la polvere. Nei mulini a vento vedonsi qualche volta applicati dei tubi, i quali comunicano coll'esterno, e dirigono una corrente d'aria perenne a mantenero rinfrescati i pulvini.

Ordinariamente è ufficio del capo lavorante quello di eseguire, e mantenere in buono stato tutte le piccole membrature del mulino soggette ad essere rinnovate di frequente. — Fra queste si enumerano i rocchetti, i denti, i fusi, i batteruoli, le tentennelle, i bossolotti, i frulloni (ecclusa l'ossatura), i cunei, ed altri simili. Di queste il mulino deve sempre avere una scorta, onde non difettarne ad un bisogno.

L'ordine e la pulitezza nei mulini sono da raccomandarsi assai, perchè contribuiscono alla perfettibilità del complesso, e giovano per questo tanto

al padrone del mulino quanto agli avvenitori. Si è già avvertito e insinuato ripetutamente, massime nel capo quindicesimo, che l'architetto allorchè dispone un mulino deve procurare che la distribuzione delle parti riesca comoda in modo da rendere agevole l'esercizio delle diverse operazioni relative alla macinazione.

Risveglia in tutti una sensazione aggradevole l'aspetto regolato e pulito di un mulino, dove si preparano le farine che giornalmente gustiamo sotto tante diverse forme e combinazioni, e dove ogni macina col servizio di un uomo solo produce quanto non potrebbero far meglio e più facilmente 24, o 30 uomini insieme.

Certi mulini sembrano il ridotto delle sregolatezze, e l'ordine vi è sbandito. — L'esteriore lo appalesa subito: sul terreno si mostrano le bianche tracce delle scarpe dei mugnai; le muraglie e segnatamente in giro alle finestre ed alle porte fanno fede della molta farina che si perde e vola. Il rombo dell'acqua ci avvisa che alla ruota mancano molte pale; il triangolo sobbalza, e la tentennella in cambio di battere regolarmente, squassa la macina e la squilibra. Più forte e spaventevole diventa questo disarmonico fracasso all'entrare nella bassa e piccola porta che mette all'angusta e tenebrosa officina. Quivi si accorge all'udito, più che non consenta la vista, che i denti ingranano a sbalzi e sforzati, e ad ogni tratto minacciano di spezzarsi; le mole girano saltelloni, e potrebbero scherzosamente somigliarsi ad un cappello posto in cima di una pertica. — Non è possibile l'avvicinarsi senza apprensione, giacchè, oltre alla paura di essere rovinati per qualche scompaginamento del macchinismo, si corre pericolo di urtare nei sacchi, od in altri arnesi che si trovano sparsi alla rinfusa, di schiacciare, o di essere lordati dal pollame o da altri animali domestici che veggono quivi stesso a cercare il loro nutrimento. Vedonsi tavole mezzo imputridite, cunei, denti, trogoletti ed altre consimili cose gettate a mucchio e coperte di spolvero che ti sembrano venir di sotto alla neve. Le casse de' frulloni che non serrano bene, piene di fessi e di buchi che vedresti perdere farina, se la troppo scarsa luce delle finestre non te lo impedisse.

Ben diversa e più gioconda sensazione proviamo all'entrare in un mulino ben costruito, e dove presieda la buona regola, e la pulizia. — All'esterno già tutto è decenza ed ordine; la fabbrica è munita di finestre piuttosto ampie, con chiare vetriate, e di ingressi convenevoli; la comoda e ben disposta piazzetta davanti alla porta, l'uniforme rintocco dei varj palmenti, il saltellare misurato delle tentennelle, il placido e monotono rimbombare dell'eco ripercossa dagli spaziosi concamerati ambienti, mista col roco sussurar dell'acque, il picchiar de' cassoni e delle tramogge, tutto insomma dico

a quegli che s'avvicina che lì dentro vi è un grande trambusto ma senza scompiglio, e senza confusione, che quivi s'affaccendano uomini solerti e amanti della disciplina, sicchè ogni cosa invita ad inoltrare. Dentro tu trovi una serie di mobili ordigni che girano senza scuotimenti e senza frastuono, e vedi volgersi corritoje librate con tanta perfezione, che ti sembrano immote. — Il fracasso de' frulloni e degli altri appaati per quanto sia assordante, pure lo senti regolare, e quindi aggradevole. — D'ogni intorno è comodità e luce, tavole nette, lustre e asciutte, burattelli, crivelli, stacci ed altri arnesi, schierati con bella distribuzione, grani e farine convenientemente rammassate, e i lavoranti che possono liberamente passare da un sito all'altro, e compiere le loro operazioni senza bisogno di camminare sopra ai sacchi, o di doverli scavalcare. In mulini così fatti è compiacenza al certo il trattenersi alcun poco, ed è giustizia il tributare estimazione e lode all'umana industria.

§ 283.

Si calcola ordinariamente che abbisogni un garzone ad ogni palmento: questo però non è impreteribile. Nei mulini dove si lavora giorno e notte assiduamente e senza interruzione, o dove il lavoro è accompagnato da molti incomodi, si possono applicare anche tre garzoni a due palmenti, o nel caso contrario due soli garzoni a tre palmenti. Questi possono ritenersi i limiti del numero dei garzoni, o lavoranti necessarj in un mulino.

È solo ne' mulini assai piccoli che il padrone lavora anch'esso da mugnajo, e supplisce ad uno dei garzoni. Nei mulini in grande esso è occupato abbastanza colla sorveglianza e colle cure economiche. Occorre poi anche un meccanico carpentiere capace di eseguire la maggior parte dei membri costituenti il macchinismo del mulino.

Il capo dei garzoni, ossia il mugnajo macinante, soprintende ad ogni cosa che riguarda il mulino, riceve il grano, lo distribuisce ai lavoranti, e lo rende macinato ai concorrenti. Il padrone dà le disposizioni necessarie, ed il capo mugnajo deve provvedere di conformità, ed essere responsabile del buon andamento dei lavori, acciò il padrone possa ugualmente garantire per lui verso gli avventori. Inoltre è tenuto a invigilare che il mulino sia sempre in buon ordine, e ad eseguire, o far eseguire i necessarj rattoppi. — A lui quindi sono soggetti e devono interamente uniformarsi anche tutti gli altri garzoni. Questi ultimi d'ordinario non hanno speciali incumbenze, oltre al macinare, ed alle operazioni inerenti, e dipende soltanto dalle viste del capo d'incaricare l'uno a preferenza dell'altro, o della

stacciatura, per esempio, o di consimili peculiari operazioni. Quasi dappertutto però si mantiene una certa gradazione nei servigj, cosicchè al meno anziano toccano generalmente i più grossolani, come sarebbero ad esempio il rimettere a luogo gli arnesi, lo spazzare e simili. A cotali uffizi suppliscono talvolta i ragazzi, o fattorini che stanno ad imparare la professione. Se al mulino non è addetto un carpentiere, questo si chiama all'occorrenza, e può essere sussidiato dal capo mugnaio, il quale deve essere capace di eseguire tutte quelle piccole fatture che possono occorrere per tenere il mulino attivo e in buon ordine.

Il capo macinante pertanto deve essere assai solerte ed abile, se deve esercitare le proprie funzioni adeguatamente.

CAPO DICIASSETTESIMO

*Dei principall risarcimenti e delle opere di manutenzione
che occorrono ai mulini.*

§ 284.

Nei mulini abbisognano giornalmente racconciare e ristauri. Così se un burattello si squarcia, è chiaro, che si deve ripararlo, o cambiarsi se fa d'uopo tutta la stamigna: se un fuso è abraso oltremisura, bisogna sostituirne un altro: se si dimergola troppo, va assicurato con zeppe, e così dicasi di altre molteplici occorrenze che tuttoggiorno si manifestano, e che a volerle tutte schierare richiederebbero una enumerazione soverchiamente prolissa.

Nè tampoco merita che si parli in particolare della ricostruzione delle diverse parti di un mulino, quali sono il paleo, le gore, i ruotismi, ed altro, giacchè descrivendone la struttura fu osservato quali singolari avvertenze si debbano avere, quando non l'intero mulino, ma qualunque soltanto delle sue parti si debbano rifabbricare.

Quivi pertanto sarà cenno appena di quei risarcimenti che non sono compresi nelle cose già esposte, ma che pure richiedono speciali considerazioni.

§ 285.

Le palmette delle ruote idrauliche, sia per l'impulso che le sospinge di continuo, sia pel ghiaccio o pei galleggianti, sono soggette bene spesso, ad onta delle maggiori precauzioni, a schiantarsi, o a distaccarsi e scappare intiere, per cui bisogna spesso rimetterle, se non si vuol perdere una considerevole quantità di forza, o veder girare il mulino sregolatamente, quando mancassero più palmette contigue.

Le palmette di quella specie di ruote che abbiamo descritte al § 120, si rimettono senza difficoltà, e istessamente anche quelle delle ruote a palmette ripiegate di cui al § 122, quando però sieno semplicemente incastrate. Invece riesce sempre malagevole il cambio delle palmette diritte, colle teste inserite a maschio nelle corone, come è detto al § 121, giacchè non si possono divaricare i quarti, per non isconcertare le altre palmette.

Bisogna quindi aver ricorso a particolari artifizi, uno de' quali sarebbe questo indicato dalla fig. 654. La palmetta da surrogare ha un maschio più lungo alla testa *a*, il quale si introduce per il primo nell'incavo corrispondente, indi si retrospinge la palmetta dal lato opposto, in modo che anche il maschio *b* imbocchi il suo incastro. — Si vede di leggieri che questo artificio presenta poca fermezza, ed il maschio lungo è facile a spezzarsi, tanto più che bisogna spinger dentro la palmetta e sghimbescio, per cui o si deve tenere l'incastro più largo, o il maschio più sottile, e poscia stringerli con zeppe. — Perciò, quando non si abbiano a rimettere molte palmette contigue, è meglio farle scorrere negli incastri senza maschio, poi inchiodarle bene, come si è insegnato al § 122. — Se le due palmette contigue a quella inserita di nuovo, saranno congiunte a maschio, non si avrà a temere che la ruota si scompagini. — Nel caso di dover cambiare molte palmette l'una presso l'altra, si potrà limitarsi a incastrarle e chiodarle saldamente, e per tenere in sesto gli anelli, o le corone, ogni due delle palmette semplicemente incastrate, si farà passare una robusta chiavarda di ferro, grossa circa dodici millimetri con una testa *a* ed una vite con sua rosetta dall'altra. — I buchi dei maschi che restano vuoti, si torano con tasselli di legno.

Se si volesse risparmiare la spesa delle chiavarde di ferro, si potranno innestare le palmette nel modo delineato nella fig. 656, cioè allargando l'incastro *a* al disotto della palmetta, in modo da potervi introdurre il pezzo d'asse *b*, il quale si unisce con chiodi alla palmetta stessa. Anche gli spazi *m n o* si riempiono con assicelle *c* tagliate a perfetta misura, le quali pure si assicurano con chiodi.

L'espediente più facile sarebbe quello d'incastrare le palmette come dimostra la fig. 658, e collegarle agli anelli con leghe di ferro. Questo metodo però non si consiglia, giacchè se per caso tali palmette si spezzano, non si distaccano, e girando colla ruota urtano sul fondo della doccia, e possono causarne l'intera rovina.

La parte interna delle palmette ripiegate è meno esposta dell'esterna, e quindi si rompe più di rado. Quando ciò avvenga, e la ruota sia munita, come lo è quasi sempre di fondo per cui non si possa introdurre la palmetta per disotto, allora s'incastra senza dentature, scantonando l'imposta sul davanti in *a*, come vedesi nella fig. 657, e congiungendo la palmetta stessa con chiodi. Qui non è a temersi che gli anelli possano così facilmente scompaginarsi, essendo tenuti in sesto dal fondo. Quando mancassero molte ad un tratto delle palmette interne, caso rarissimo a succedere, si rimetteranno nello stesso modo pocanzi additato, e si potranno corroborare gli anelli con chiavarde di ferro analoghe a quelle vedute nella fig. 655.

Uno dei risarcimenti di cui spesso ricorre il bisogno ne' mulini, è la rinzepatura dei perni, ossia l'operazione di consolidarli negli alberi quando si allentano. Si è già osservato, § 187, che i perni a squadra sono soggetti a dimergolarsi più facilmente di quelli a pala, e che quindi in pratica sono da preferirsi gli ultimi.

Per poter rinzepare un perno che siasi allentato, bisogna levare il calastrello, il quale a tal uopo si alza 8, o 10 centimetri in un coll'albero, per mezzo di una leva, o di un martinetto, e intanto fra il calastrello e i sostegni si sforzano delle assicelle assottigliate e tagliate a cuneo da una delle teste. — L'albero poi, a norma del caso, si appoggia o agli scanni del palco delle macini, o sur una sponda delle docce, indi si levano di sotto e le assicelle suddette, e il calastrello. Nei mulini pendenti l'operazione è meno incomoda, perchè quivi gli alberi si possono sollevare e calare facilmente collo stesso apparato che serve a regolare il mulino a seconda delle variazioni a cui soggiace il palo d'acqua del fiume. Se il perno è fatto a squadra, bisogna rivoltare l'albero in modo che il taglio per cui si introduce, riesca al disopra; se è fatto a pala, si disporrà in modo che le ali del perno risultino orizzontali.

I perni a squadra devono essere curati attentamente, quando cominciano a smoversi. Lorchè l'allentamento è leggiero, il perno non può essere assicurato convenientemente con cunei, perchè non vi è luogo a introdurli; e quindi è miglior partito lasciare che si allentino anche fino ad un centimetro: ma non bisogna passar oltre, se non si vuole portar troppo danno all'albero, e a tutte le parti del meccanismo, e rischiar poscia di non poterli più fermare saldamente.

Nello incuneare il perno, si avrà particolare riguardo a non obbligarlo, sia davanti che di dietro, altrimenti nel primo caso l'albero girando si solleverebbe insieme alle ruote, e nel secondo scaverebbe gagliardamente il pulvino. I cunei devono essere lunghi abbastanza non solo da abbracciare tutta la coda del perno, ma anche da poter essere intestati di nuovo, quando nel batterli si sfioccassero. Del resto i cunei vanno forzati moderatamente, perchè non si strappi la viera che deve a tal uopo essere piuttosto robusta. — A ficcare i cunei nel corpo dell'albero come praticano alcuni, e secondo è disegnato in *a* nella fig. 659, si pregiudica alla sua consistenza, perchè se ne indeboliscono e squarciano le fibre. All'opposto è necessario serrare con opportune zeppe gli angoli *b* perchè i larghi cunei e non bastano a forzare potentemente tutto all'ingiro, e da soli influirebbero poco alla effettiva stabilità dei perni.

Se per difetto, o per qualsivoglia altro motivo si allentasse un perno in modo tale che per assicurarlo si richiedesse l'introduzione di una grossa zeppa, in questo caso è meglio cavarlo fuori, e investir l'albero con un nuovo tassello, § 188, poi si rimettono le viere, e si finisce di assicurare saldamente il perno cacciandovi a forza delle piccole biette. — Alla stessa maniera si rafforzano anche i perni a badile: è però meglio per questi ultimi calzare le viere a tutto potere, acciò stringano il collo più che sia fattibile; così anche le schegge che s'introducono fra le viere e lo spigolo delle ali del perno, bisogna forzarle potentemente, e bisogna pure cercare di infiggere delle biette dintorno al nervo del perno stesso, per renderlo sempre più fermo, non che al di dietro, dove le viere non possono stringere quanto basta. Quest'ultima operazione però, non si faccia se non quando ne sia effettivo il bisogno, perchè indebolisce l'albero.

Rassodato che sia il perno, se gli rimette sotto il calastrello, spingendolo in modo che si possa levare il sostegno interinale, e poscia si ricolloca all'altezza che gli compete.

§. 287.

L'allentarsi frequente dei perni, e il ripetuto conseguente bisogno di rinzepparli, non solo è causa di molto lavoro, ma è per molti titoli eziandio pregiudizievole. Gli alberi in ispecie ne vengono avariati; quindi è necessario far di tutto per impedirlo.

Ciò si ottiene, come abbiamo già mostrato, § 187, adoperando perni di ghisa foggianti a pala, in cambio di quelli di ferro malleato fatti a rampino. Le prerogative dei primi sono oramai palesi a tutti, ed è proprio strano, che molti preferiscano ancora i perni malleati, tanto più che quelli di ghisa costano pure assai meno.

Un altro mezzo d'impedire che i perni si allentino è quello di tenerli sempre puliti e bene ingrassati. I perni secchi si scaldano presto, e l'allentamento ne viene di naturale conseguenza. Siccome poi è dannoso che l'acqua lavi troppo spesso il perno ingrassato, così dove sia soggetto ad un tale inconveniente, lo si difende con un piccolo coperto, fig. 660, da potersi rimuovere a piacere. Alcuni invece di ingrassarli i perni, li tengono umettati continuamente d'acqua; a questo modo però si consumano assai presto, per lo strofinio delle particelle sabbiose che le acque, massime di molto corso, trasportano con sè: inoltre l'attrito sembra maggiore di gran lunga che non sia coll'intermezzo degli unti. Se poi per accidente cessa lo stillicidio dell'acqua, per cui il perno rimanga in asciutto, si ri-

scalda tantosto fortemente, e s'allenta, oppure incava moltissimo il pulvino. Si preferisca adunque mai sempre l'uso dello spalmo.

Del resto, se un perno sarà tornito e liscio a dovere, e applicato ben fermo sulle prime, e le parti mobili del meccanismo sieno regolate convenientemente, sicchè tutto lavori con dolcezza e uniformità, e senza violenti scosse, l'allentamento sarà più difficile e più ritardato.

§ 288.

Poichè le macini gradatamente si consumano, e il loro ravvicinamento si opera solo col mezzo del manubrio *z'*, fig. 29, di leggieri si comprende che tanto il pancone d'appoggio cui è attaccata la leva, come anche il registro si disporranno poco a poco in una posizione obliqua, la quale per molti rapporti è a ritenersi vantaggiosa. — Di mano in mano quindi che la leva s'abbassa e che i panconi d'appoggio e il registro s'inclinano, bisogna rialzarli, e rimetterli orizzontali accorciando i puntelli quanto basta e come si è insegnato al § 224.

Nella stessa misura poi che si vanno abbassando le macini convien calare di tempo in tempo anche la tramoggia, nel modo già indicato al § 231.

§ 289.

Quando la corritoja sia consumata a segno che la narice ne sfiori quasi il piano inferiore, allora bisogna scolpire di bel nuovo l'incavatura, operando in modo analogo a quello descritto al § 210, col solo divario che non occorre di segnare il contorno dell'incavatura, dovendosi unicamente ritoccare e approfondire quella che già esiste.

Per levare la narice all'oggetto di rinnovarne l'incavatura, la qual cosa si ottiene battendovi sopra traverso all'occhio della mola, con una stanga o altro consimile, bisogna prima con uno scarpello cavar fuori qualcuna delle zeppe che la tengono serrata, altrimenti è facile che la pietra ischeggi. Quest'operazione va fatta con diligenza, ed è meglio togliere prima tutte le zeppe, per cui si possa levare la narice senza batterla; e per rimetterla nella stessa posizione di prima, si faranno delle marche di riscontro e sulla narice e sulla pietra.

Intanto che si rinnova l'incavatura della narice, si rincrudisce anche il palo se bisogna, massime al piede, e si fanno tutte quelle operazioni che sono necessarie per non dovere ad ogni poco arrestare il mulino.

Profondando la narice, è d'uopo rialzare di bel nuovo i panconi d'appoggio ed il registro, e nella stessa occasione si rialza anche l'albero collo scudo, di quanto era abbassato in causa del consumo delle narici. Nei mulini con ruote a palmenti, ed a semplice ingranaggio questi movimenti sono assai limitati, perchè la ruota maestra deve sempre girare vicinissima al fondo della gora.

§ 290.

Le corritoje si adoperano ordinariamente finchè sieno ridotte all'altezza di un decimetro, § 204, dopo essendo troppo leggere, massime per un mulino di molto lavoro, bisogna rinnovarle.

La procedura necessaria è simile affatto a quella che abbiamo additato parlando dell'impianto e della organizzazione del mulino, laonde non ricorderemo altro, se non che la mola va lavorata preventivamente, e lasciata stagionare, per cui al momento di metterla in opera non deve restar altro che scolpirvi l'impostatura della narice, e la manovra di bilicarla sul palo.

Le corritoje ordinariamente, massime se sono di buona qualità, quando non sieno più atte al loro ufficio, si convertono in dormienti.

Queste ultime servono fintanto che sporgano di due centimetri almeno dalla botte che le ricinge; siccome però quest'ultima non è mai alta meno di un decimetro, alla quale misura la mola è ancora utile, così si pratica di sollevarla cacciandovi sotto un letto di tavole grosse cinque centimetri in circa per portarla ancora ad un congruo piano. Il fondo può lasciarsi assottigliare a cinque centimetri in circa; ma bisogna però andar molto cauti nell'alzarlo, nel sovrapporvi la corritoja e nello incuneare il bossolotto perchè è facilissimo spezzarlo.

Meglio ancora, invece di cacciarsi sotto un letto di tavole, è il servirsi di una vecchia mola disasata, e aggrapparla insieme, ponendovi frammezzo un sottile strato di argilla piuttosto tenace, per colmare gl'interstizj che possono rimanere fra le due pietre. La fig. 611 addita in qual modo debbano essere aggrappate le pietre. Delle grappe se ne possono mettere da tre a quattro, scompartite sul contorno ad intervalli uguali; e qualche volta tra una grappa e l'altra si frappongono anche dei perni *a*. Questi ferri di collegamento è chiaro che devono essere posti sempre al disotto alcun poco del piano a cui ha da ridursi la macina prima di essere definitivamente scartata.

Nel mettere a sito una macina dormiente bisogna curare specialmente che il suo centro riesca sul prolungamento del piano condotto per l'asse dell'albero dello scudo, la qual condizione si può verificare facilmente, segnando sul registro la linea d'intersecazione col piano ipotetico testè indicato, e collocando poscia una sottile assicella traverso all'occhio della mola, la quale si fora nel punto che corrisponde al centro della mola stessa, per farvi passare una cordicina con unito un peso da piombare; e con questa si dispone la macina nella posizione che abbiám detto.

Quando si rinnova una corritoja, conservando il fondo, bisogna prima scandagliare quest'ultimo per conoscere se sia perfettamente in piano, come dovrebbe essere se fosse nuovo. Molte volte si trova alquanto depresso, o rialzato nel mezzo, cosicchè bisogna regolarlo convenientemente, dopo di che non avvi difficoltà a lavorare le pietre nel modo insegnato al § 208. Lo stesso s'intenda qualora si verificasse il caso opposto di dover cioè cambiare il fondo, o conservare ancora la corritoja:

§ 291. *Contingenza di un'altra*

Succede talvolta, senza che si sappia assegnarne la causa, che la narice si sbilancia e la macina va rancando; e quindi bisogna rimetterla a livello.

Per determinare con precisione il sito dove la macina è più equilibrata, bisogna esplorarla, facendola girare lentamente, e marcandola con un carbone che si tiene ad un'altezza costante, in modo che possa sfiorare la pietra. Poscia, prima di toccare la narice, si osserverà se mai la pietra dalla parte opposta al sito marcato, non crescesse alcun poco, nel qual caso lo equilibrio potrebbe dipendere dall'esservi sollevata alquanto la narice, e ciò è facile a vedersi. Ordinariamente la pietra girando si rimette da sè in equilibrio, e cessa di rancare, oppure si ottiene l'effetto medesimo premendola intanto che si muove adagio, dalla parte donde si solleva.

Se lo equilibrio della macina non è causato dallo sbilancio della narice, allora dopo averla alzata, bisogna tirare la narice dalla parte marcata, vale a dire, se esplorando la macina, fosse stata segnata in *d*, fig. 662, si dovrà spingere la narice da *b* verso *a*.

Posto poi che la pietra esplorata avesse strisciato in *C*, allora è chiaro che la narice avrebbesi dovuto tirarla da *d* verso *c*, o all'opposto, se lo sfregamento si fosse manifestato in *D*.

Assestata che sia per tal modo la narice, se risultasse tuttavia alcun poco squilibrata, si ripeta l'operazione, avendo cura ogni volta di smuoverla adagio e piuttosto meno del bisogno, anzicchè troppo, diversamente la macina di solito s'abbassa sensibilmente dall'altra parte.

I fusi dei rocchetti, quando il meccanismo sia lavorato con precisione, e il movimento proceda regolare, nè mai alterato da scosse o risalti violenti, possono reggere senza spezzarsi, fino ad essere consumati metà della grossezza primitiva. Quando succedesse lo spezzamento, o si temesse vicino, allora bisogna sostituire un nuovo rocchetto. È però meglio dismetterli prima che si rompano, perchè ordinariamente ciò avviene in tempo sconvenevole, ed è causa assai spesso di altri inconvenienti, quali sarebbero lo spezzarsi dei denti, le scosse gagliardissime, ed altro di analogo.

I mulini bene organizzati devono sempre avere in pronto dei rocchetti di scorta, come si è già avvertito altra volta, affinchè in caso di bisogno non abbia a rimanere troppo a lungo sospesa l'azione del palmento a cui va rinnovato.

Il rocchetto non è così facile a poterlo distaccare, massime se si vogliono conservare sane le rotelle, perchè si calza sul palo con biette impiastriate di pasta, le quali operano una aderenza ed uno stringimento assai energico. Per dismontare il rocchetto si fa uso di un particolare apparato, il quale vedesi in pianta e spaccato nella figura 663. Esso consiste in un ceppo grosso circa tre decimetri, ed alto un metro e un quarto al più, a norma della lunghezza del palo, traforato interiormente alcun poco più della grossezza del palo, in modo che quest'ultimo vi possa passare senza difficoltà. L'apertura *a* serve a poter levar facilmente le biette che cadessero abbasso.

L'uso di questo apparato si concepisce facilmente colla sola ispezione della figura. Il palo su cui è montato il rocchetto, si introduce per disopra; due uomini afferrano il rocchetto, lo sollevano, e lo sbattono a tutta forza fintanto che il palo per effetto del proprio peso precipita giù. L'operazione si deve avere l'avvertenza di eseguirla sopra un tavolato, o sul terreno morto, altrimenti la testa del palo battendo sulla pietra o su altra materia resistente, verrebbe facilmente danneggiata.

Mentre si rinnova il rocchetto, si devono esaminare anche i denti della ruota ingranante, estirparne i guasti, e rimetterne di nuovi. Talvolta i denti logorandosi si riducono alla forma rappresentata colla fig. 664; e allora con uno scarpello a taglio, bisogna levarvi le prominente *a* e *b*, e ridarli possibilmente ad avere il profilo che vedesi punteggiato.

Quando i denti sieno corrosi a segno da minacciare imminente rottura, bisogna cambiarli. Si deve però sempre cercare d'impedire, come si è già accennato parlando dei rocchetti, che si rompano effettivamente, perchè questo non avviene mai senza inconvenienti. Non è però dato di poterlo sempre prevenire.

Nello estirpare i vecchi denti si avrà riguardo soprattutto di non estrarre insieme anche il tassello che forma setto tra un dente e l'altro, § 137. Per smuoverli si battono al di dietro con un mazzuolo per quel tanto che sporgono le loro radici, poscia si ricacciano intieramente con un contramazzuolo, o cacciatoja di ferro consimile a quella delineata nella fig. 665. Non bisogna usare troppa forza in questa operazione, perchè assai facilmente si potrebbe guastare la ruota, e qualora non si riuscisse in tal modo a estrarre il dente, sarà meglio trivellarlo. A questo intento, se ne recide la testa, fig. 666, e si trafora con un trivello d'asta alquanto più sottile della radice del dente, che s'insinua dalla parte medesima della testa, dopo di che ordinariamente si riesce a cacciarlo fuori. Qualora poi anche con questo artificio non fosse fattibile lo smuoverlo, si trivella interamente, poi si rinetta il foro con uno scarpello a taglio. In qualunque maniera si operi, bisogna cercare di non portar danno alla ruota.

Circa al modo di rimettere i denti può rileggersi quanto abbiamo già detto al Capo IX, parlando della costruzione materiale delle ruote dentate.

Il Neumann asserisce d'aver veduto delle ruote a corona che lavorarono 40 anni di e notte senza interruzione, e alle quali erano rinnovati i denti ogni due anni.

Nei mulini, dai quali non può essere deviata l'acqua totalmente, intanto che si rinnovano i denti, non bisogna fidarsi del solito puntello, il quale è soggetto a spezzarsi facilmente pel continuo sommoversi dei denti, cosicchè i lavoratori sono in pericolo di essere schiacciati, e inoltre i denti stessi si possono rompere. In questo caso conviene andar molto cauti, ed assicurare la ruota con una catena al balestro, ad un albero, o ad altro oggetto irremovibile. Lo stesso si raccomanda allorchè si debbano ricompaginare le ruote dimergolate.

In generale il mugnajo deve star continuamente sulle guardie nello aggirarsi dintorno al meccanismo, se non vuole esporri a pericolo della vita,

o di fratture come pur troppo alcune volte succede. Non crediamo inutile pertanto di accennar quivi a quegli altri pericoli a cui egli può trovarsi esposto, oltre quelli testè avvertiti sulla fine del precedente paragrafo.

È possibilissimo, massime d'inverno, in causa dei ghiacci, che un lavorante cada in acqua. Se questo succede davanti ad una paratoja aperta, o tra essa e la ruota, ordinariamente il meschino è perduto perchè viene fraccassato sotto la ruota stessa. Gli è anche per questo che al § go abbiamo insinuato l'uso delle andatoje da annettersi alle docce per agevolare le manovre dintorno alle ruote, e di coprire le docce stesse per renderlo in qualche modo meno facili ad agghiarsi. Insomma sarà bene far di tutto per rimuovere ogni pericolo, ed impedire i disgraziati accidenti che spesso ne derivano. Al mugnajo poi vogliamo raccomandare specialmente tutto l'accorgimento, e la massima presenza di spirito ne' sinistri, onde faccia ogni possa per salvarsi e schivare il disastro.

Nell'untare i perni, e nello eseguire quelle altre operazioni che occorrono ai pulvini, il mugnajo vorrà parimenti stare avvertito, sicchè le ruote non investano ne' suoi panni e lo travolgano, o non gli venga schiacciata una mano; e la stessa cura dovrà avere nello ingrassare i denti e i fusi, nello smuovere le ralle, e infine nell'accudire a quanto fa di bisogno a tenere regolati i movimenti del macchinismo, se non vuole arrischiare di essere rovinato per sempre, o di finire miseramente i suoi giorni. Il mugnajo per le cose accennate, deve vestir semplice, con abiti corti, senza svolazzi, ed altro che possa metterlo a cimento.

Oltre a siffatti pericoli e molti altri ai quali il mugnajo nell'esercizio dell'arte sua trovasi continuamente esposto, partecipa anche a quelli che riguardano il carpentiere e lo scarpellino, per cui non gli sarà mai abbastanza raccomandato di avervi tutte le possibili precauzioni.

CAPO DICIOTTESIMO

*Del ghiaccio, sua dannosa influenza nei mulini,
e difese analoghe.*

§ 295.

Il gelo, e quindi il ghiaccio che ne deriva è un nemico potente dei mulini ad acqua, ed uno dei più grandi travagli del mugnajo. Quivi pertanto, dove si parla della struttura e delle manovre del mulino, ci sembra luogo opportuno a far conoscere quali difese se gli possano opporre.

Il ghiaccio fa danno alle ruote, quando sia travolto coll'acqua fra le medesime; egli le sovracarica aderendovi, e impedisce che l'acqua possa esercitare intera la sua potenza contro alla palmette, perchè poco a poco ne riempie tutti gli intervalli. Ottura le bocche e le corsie, sopralza i rivestimenti del vaso morto, sicchè l'acqua si sperde senza che possa servire al mulino, oppure s'arresta nella colta e nel canale inferiore, e si spande nel mulino, o per lo meno le ruote pescano e soffrono regurgito. Anche le masse dei ghiacci galleggianti non di rado pregiudicano alla stabilità dei mulini e minacciano di rovinare le docce, le ruote, ed anche tutto l'edificio; quasi sempre poi apporta danno alle pescaje ed ai sostegni che servono ai mulini stessi.

Il mugnajo deve ovviare e prevenire possibilmente, questi e molti altri guasti dipendenti dal ghiaccio, e deve procurare di renderlo innocuo.

§ 296.

I ghiacci che si formano nei canali dei mulini possono distinguersi in tre diverse qualità, cioè ghiacci superficiali, o corticali, ghiacci subacquei, o fondali, e ghiacci natanti, o trasportati.

Il ghiaccio corticale è quello che si forma a fior d'acqua quando la temperatura dell'aria esterna discende sotto allo zero del termometro. Esso s'ingrossa a misura che la temperatura s'abbassa, finchè abbia acquistato una determinata spessezza, dopo la quale l'acqua al disotto non gela più. Questa spessezza però è varia anche al medesimo grado di temperatura, secondo che la superficie dell'acqua sia più o meno esposta al libero con-

tatto dell'aria, stagnante, o corrente. Le acque basse gelano fino al fondo, e gli oggetti bagnati vengono rivestiti da una crosta di ghiaccio, la quale ingrossa quanto più l'acqua vi abbatte contro, perchè vi si agghela a strati.

Il ghiaccio corticale talvolta resta sommerso nell'acqua, o perchè questa scorre immediatamente sovr esso, o perchè si eleva di pelo, senza che possa insieme sollevare anche la crosta agghiadata, la quale aderisce fortemente alle sponde e ad altri corpi irremovibili. D'ordinario poi quel soprastrato d'acqua si congela anch'esso e forma corpo col primo.

[Questo ghiaccio è assai duro, compatto e fragile; non ha pori, e sonagli, o ben pochi, ammenocchè l'acqua all'atto di gelare non sia molto torbida, o corra assai rapida. Nelle acque di corso moderato, si forma una corteccia assai liscia e piana.

Il ghiaccio subacqueo si forma rasente al fondo ed alle sponde dei canali dove le acque sono animate da grande velocità, e segnatamente se hanno un corso tumultuoso. Al primo nascere, e fintanto che non abbia provato il contatto dell'aria esterna, è spugnoso, molle, renoso e si raggruppa in masse difformi e spesso assai voluminose. Non è facile ad essere spezzato con stromenti taglienti, nè ad essere rotto dagli oggetti nei quali urta, quindi per vincerlo bisogna far uso di piccole mazze, o simili. Si attacca con forza ai corpi che investe gelando, e facilmente ne strappa la scorza, e si distacca portandosi a galla in grossi pezzi. Alla superficie, e a contatto dell'aria esterna e fredda s'indura, o come dice il mugnajo s'agghiaccia. Sopraffuita più o meno, secondo che vi è frammista maggiore o minor copia di terra. Nelle acque molto profonde, e di lento corso, il ghiaccio di questa natura si forma difficilmente, e meno ancora nelle acque morte. Similmente non si genera il ghiaccio subacqueo lorchè sia gelata la corrente in superficie; e molto meno, se questa si trovi coperta anche di neve. Sembra pure che per la formazione del ghiaccio di cui si parla, sia necessaria una temperatura più bassa di quella che si richiede a congelare la superficie di un'acqua stagnante. Esso invece si forma in seguito ad una forte e improvvisa gelata, prima che la corrente s'incrosti in superficie; nè ciò segue così presto ne' canali e fiumi assai larghi, e neppure in quelli angusti, ma di corso ineguale. Il ghiaccio subacqueo pertanto sembra essere più frequente quanto più l'acqua è impregnata di particelle terrose, ed in una stessa corrente, a temperatura uguale, non è ugualmente copioso: con maggiore facilità si genera intorno a corpi estranei che si trovano nell'acqua, come legni, pietre, ferri o simili: difficilmente ricopre tutto l'alveo dove l'acqua corre, ma a partite qua e là disgiunte. Quando il fondo su cui agghela è libero, od i corpi investiti dal ghiaccio sono sciolti,

acquistato che abbia la massa una certa mole, si alza, e viene trasportata a seconda della corrente. Se i corpi, o il fondo sono irremovibili, o assai pesanti, vi sta attaccato tutto, o in parte finchè sia sgelato di nuovo. Le gore piccole, o mezzane, di fondo sodo, alcune volte si otturano pienamente, l'acqua regurgita, e sormonta le rive, e s'agghiudano le doccie e l'alveo insieme. Se il fondo è fangoso, o limaccioso, il gelo non vi fa presa con tanta facilità, forse perchè l'acqua quivi è raro che abbia corso assai vivo. Sugli alvei sabbiosi e sciolti, il ghiaccio non tiene alla lunga, ma s'alza presto, traendo seco uno strato di sabbia. In moltissimi mulini, massime alla montagna, il ghiaccio subacqueo presenta maggior fastidio e lavoro del ghiaccio superficiale.

Il ghiaccio natante, o galleggiante, per lo più è una mistura delle altre due qualità summenzionate. Nelle correnti alquanto larghe, l'acqua movendosi con qualche celerità, non è facile che s'agghiadi in superficie; però s'apprende alle rive e ad altri corpi sporgenti fuor acqua, formando delle masse penzolanti di ghiaccio. Incaalzando il freddo, sviluppati il ghiaccio sopra fondo ne' siti che non sono assolutamente profondi, e dove l'acqua corre snella; venuto ad un determinato volume si alza a galla, e toccato il contatto dell'aria, s'indurisce; urta nelle gelate masse che sporgono dall'acqua, le stacca, e seco le travolge, e vi si agglomera e compagina. Le masse natanti vengono talvolta arrestate nel loro corso da ostacoli ai quali si attaccano, e dove s'indurano vieppiù se il freddo aumenta. A questo modo gelano anche i canali ed i fiumi di grossa portata. Le acque piccole rare volte portano ghiacci natanti, perchè in esse, il ghiaccio che si rappiglia alle sponde, si dilata presto fin verso il mezzo dell'alveo, e prima che si stacchino i ghiacci dal fondo, copre la superficie di una crosta dura e tenace.

Oltre alle tre accennate qualità di ghiaccio il mugnajo trovasi spesso a dover lottare anche colla neve. Infatti se avviene una grossa nevata prima che l'acqua sia coperta dai ghiacci, la neve che vi cade in copia, galleggia sovr'essa a modo di ampie stuoje, le quali somigliano moltissimo alle masse natanti di ghiaccio subacqueo, però non s'aggruppano così tenaci, nè sono sabbiose, ma piuttosto spugnose e molli, e s'incorporano ancor più facilmente, quando vengano a toccarsi. Ne' grandi fiumi e canali, i ghiacci natanti s'aumentano e si conservano, e con facilità ostruiscono interamente le piccole gore, allorchè vi si fermano e le impregnano le grosse falde nevose; e se queste s'ammonticchiano, o si aggelano sono più difficili a rompersi e sgombrarsi del ghiaccio subacqueo.

Il mugnaio intorno al ghiaccio si affatica a diromperlo, a staccarlo dalle ruote, dalle docce, dalle paratoje, e dagli altri oggetti a cui s'apprende, ed a sgombrarlo.

Per queste operazioni si usano diversi strumenti, di cui i principali sono i seguenti:

a) Le *scuri*, o *accette*, fig. 667 e 668. La prima più grossa si adopera specialmente per rompere i duri tavoloni di ghiaccio superficiali; l'altra serve a staccare i diacciuoli dalle ruote, dalle paratoje e simili.

b) Gli *spuntoni*, o *agucchie*, fig. 669, che si impiegano a scrostare il ghiaccio indurito sulle ruote, sulle pareti, docce ed altri oggetti, quando non sia fatto di riescirvi colle scuri. Il manico degli spuntoni, e così anche quello degli altri strumenti che si descrivono in seguito, deve essere lungo da 3 a 6 metri, secondo il bisogno. Però non devono essere troppo pesanti, acciò possano essere maneggiati facilmente da un solo uomo. A questo proposito servono benissimo i pali sottili di betulla.

c) Le *palette*, o *spatole*, fig. 670, servono propriamente a liberare le ruote, le docce, e le altre parti dal ghiaccio che comincia a maturare e sollevarsi, e a nettare il fondo delle docce stesse.

d) I *mazzi*, o *pestoni*, fig. 671, i quali consistono in un leggier ceppo di duro legno, montato in asta, valgono a staccare il ghiaccio maturo dalle ruote, a curare e purgare l'alveo dai ghiacci subacquei, e a diromperli questi quando sieno accumulati in masse assai voluminose. L'asta del mazzo deve essere piuttosto lunga.

e) Le *cucchiare*, o *raspe*, fig. 672. Esse sono fatte con sottili tavole di legno consistente, a lungo manico, e fanno l'ufficio di sgombrare i ghiacci e le nevi che si concervano.

f) I *treggiuoli*, fig. 673, coi quali si leva il ghiaccio dall'acqua, e si trasporta altrove, quando dimoia, e minaccia di far danno alle ruote.

Oltre agli indicati strumenti, si adoperano eziandio le asce, e le pale usuali.

Per impedire che i ghiacci trasportati dalle acque riescano nocivi alle ruote, si piantano degli steconati davanti alle docce. Quanto è maggiore il volume dell'acqua, tanto più robusto deve essere lo steconato, segnatamente se il mulino fosse posto nel fiume, senza apposita gora, per cui dovesse sostenere maggior impeto di ghiacci.

Se l'acqua del mulino è derivata con gora da un canale di mezzana portata, allora basterà porre una trave *a*, fig. 674, la quale o si assicura a pali messi a bell'apposta, o se lo permettono le circostanze, si assesta stabilmente tra la sponda del vaso morto, e lo sperone *c* del ponticello anteriore alle chiaviche, e davanti se gli incastrano gli stecconi *d*, coi quali si compone lo stecconato, o graticciata. Questi stecconi si possono collegare al trave con chiodi. Lo stecconato poi in faccia alle paratoje deve essere disposto obbliquamente, acciò il ghiaccio non vi si fermi contro, ma sfugga verso il risciacquatojo.

Nelle acque di considerevole portata, invece degli stecconi si piantano dei grossi pali *a*, fig. 675, i quali formano la graticciata, o si collegano insieme col cappello *b*, che può essere rinforzato nel mezzo da una o due saette, o tiranti *c*.

Se le docce sono molto esposte alla violenza dei ghiacci, si possono mettere anche due stecconati l'uno dopo l'altro, e davanti a questi anche dei pali guardiani. In questo caso il primo stecconato si fa più robusto, e più aperto del secondo, come si vede rappresentato nella fig. 676.

Inoltre nelle acque che portano molto ghiaccio, e che si derivano col mezzo di special gora, si applicano consimili stecconati anche all'incile della gora stessa, avvertendo sempre di disporli in modo che il ghiaccio non possa facilmente adunarsi contro, ma trovi facile sfogo verso la pescaja, o la chiusa.

§ 299.

Un altro mezzo di preservarsi possibilmente dal ghiaccio, è lo spurgo della gora in autunno. Questo però non deve limitarsi a spazzare semplicemente il fondo dell'alveo, ma bisogna altresì sarchiare e rimondare le ripe dagli arbusti, dagli sterpi e dalle radici che protendono, giacchè a tutti questi ingombri il ghiaccio si apprende con estrema facilità. Anzi il gelo fa ingrossare le acque, e se il fondo dell'alveo è già impedito da materie, col ghiaccio si solleva ancora di più e rende più turgido il canale; per cui le acque facilmente traboccano, e le ruote patiscono regurgito.

L'accennata misura si raccomanda singolarmente per quei canali e gore che attraversano abitati, e dove gli abitanti sono pur troppo inclinati a gettarvi dentro rottami, cocci o sozzure d'ogni natura.

È pur bene che le rive del canale sieno vestite con piantate di salici educati a ceppaja, che serviranno a difenderlo dalle nevate, e dall'influsso dei gelati aquiloni, che tutto vi eserciterebbero il pernicioso loro dominio,

se le ripe stesse fossero aride e brulle. Nei canali di molta ampiezza e di ricca portata, le ripe cespugliose ben poca difesa possono prestare alle acque contro ai geli; però in questi le nevi non sono a temersi gran fatto, perchè la copia delle acque più facilmente le travolge. Nondimeno non si vorranno abbandonare le piantate, che serviranno sempre a maggiormente consolidare le ripe; ma non si dovranno tollerare grossi alberi da fusto, e d'autunno si leveranno tutti gli arbusti e gli sterpi.

Le gore anguste, come quelle delle ruote a cassette, che traducono poca quantità d'acqua, talvolta si coprono d'inverno, mettendovi attraverso dei travicelli, o dei pali, su cui si distendono delle tavole, della paglia, dello strame, o simili, senza di che sarebbero facilmente ostruite dalle nevi.

§ 300.

Se un'acqua di pelo basso agghiada, poi cresce di volume, allora non può più essere contenuta nello spazio compreso sotto la crosta agghiacciata, e si trasfonde e scorre su di essa, gela di nuovo, e il ghiaccio s'ingrossa sempre più, e riempie la gora, quante maggiori volte un tal fenomeno si riproduce. Poscia calando l'acqua, od ingrossando notabilmente la crosta ghiacciata, nè potendo altrimenti sorreggersi, si stacca dalle ripe, e si spezza, piegando verso il fondo, per cui il canale viene a congelarsi e chiudersi intieramente. Questo è assai pernicioso massime al disotto delle docce, perchè l'acqua ringorgando contro alle ruote, inonda agevolmente il mulino; e disopra delle docce impedisce che possa fluire la competenza d'acqua che le occorre. Il riaprire le gore ostruite in tal guisa poi è operazione pesante, faticosa e di grave dispendio.

Cotali disordini avvengono specialmente nelle gore piccole e nelle mezzane, le quali sieno di scarsa portata, e ancor più in quelle soggette molto a variare di pelo, o dove l'acqua porta seco i pezzi di ghiaccio, che vi gettano i mugnaj collocati superiormente, o le persone che abbiano essa vicino al canale. Nelle gore ampie e di considerevole portata non sono così facili a verificarsi gli indicati inconvenienti, perchè la massa dell'acqua abbatte ogni ostacolo.

In quei siti dove vi sia il pericolo di consimili accidenti, bisogna far sì che la crosta agghiacciata si formi a tale altezza che possa discorrervi sotto liberamente il corpo d'acqua necessario. A questo fine si mettono delle piccole soglie, o traverse, o trombe posticce, colle quali al principiare delle gelate si rigonfia il canale, a quel segno che basta, o che si crede opportuno. In tal modo la superficie diventa quasi stagnante, e gela più

facilmente e più presto; indi levando man mano le soglie, è in nostro potere di abbassare l'acqua quanto aggrada, e nel caso che ingrossasse di soverchio, ricondurla ai suoi limiti. Quando la crosta del ghiaccio abbia preso tale consistenza da non essere soggetta a rompersi con troppa facilità, si possono alzare le soglie, e lasciare che l'acqua discenda dolcemente all'ordinario suo corso.

Siccome poi nelle acque, profonde, ed a specchio tranquillo, quando questo sia rappreso, è difficile che agghiadi sul fondo, così queste soglie mobili hanno altresì il vantaggio notevolissimo di impedire la formazione, e quindi gli effetti del ghiaccio aderente al fondo dell'alveo. Esse però richiedono singolare attenzione al momento che incomincia a gelare, per essere convenientemente regolate, cioè alzate e abbassate a tempo opportuno.

Il numero e l'altezza di queste soglie dipende dalle circostanze locali. Possono essere disposte in modo che l'acqua sia rigonfiata fino al principio della gora. Il regurgito che si genera con queste soglie nel canale inferiore potrà affogare alcun poco le ruote, ma per breve tempo, giacchè in un pajo di giorni il ghiaccio ordinariamente s'indura quanto basta perchè si possano levare le soglie, e togliere il regurgito. Senza consimili espedienti il regurgito dura a tutta la stagione dei geli, e non di rado i mulini devono sospendere il loro esercizio.

La struttura e le dimensioni delle soglie posticce possono variare d'assai a seconda del volume dell'acqua, dell'altezza e natura delle sponde e del fondo del canale. Per offerirne un pajo d'esempj, abbiamo delineate le fig. 677 e 678. Questi manufatti devono riempire la larghezza intiera del canale, e pareggiare l'altezza delle sponde, ed essere più larghi o più stretti, più alti o più bassi conforme al bisogno; e se il canale fosse di straordinaria larghezza, si partiranno le soglie in diversi campi, col mezzo di stipiti intermedj, per renderne i pezzi mobili, e le paratoje più maneggevoli.

La tromba fig. 677 è formata dal battitojo *a*, dagli stipiti *b*, dal cappello *c* e dalla paratoja *d*. Il battitojo è assicurato al palancato e il quale lateralmente si prolunga entro alle sponde elevandosi a tutta l'altezza delle medesime; il cappello *c* si estende per esso a tutto il rivestimento delle ali d'accompagnamento, la cui lunghezza dipende dalla diversa qualità del terreno. Gli stipiti non hanno alcuna incavatura per la paratoja, la quale si appoggia contro di essi a semplice combaciamento, per la larghezza di quindici centimetri almeno. In tal modo anche gelando, si può staccarla con facilità. La coda o timone della paratoja passa traverso ad un foro appositamente preparato nel cappello, dove si ferma con una caviglia di ferro, e quando non si adopera, può essere tolta agevolmente e ritirata in

magazzino. Il battitojo deve essere posto a fiore col fondo del canale. Non vi occorre platea, ma piuttosto alcun poco d'accompagnamento laterale, dietro alla soglia, perchè quivi l'acqua corrode volentieri le sponde.

La soglia, fig. 678, è fatta nello stesso modo dell'antecedente, se non che quivi invece del palancato vi è un semplice rivestimento di tavole orizzontali, ed il battitojo è incastrato sulla testa dei pali.

Per le riferite considerazioni è chiaro che tornerà meglio, al principiare dei geli, che l'acqua abbondi, anzicchè scarseggiare nella gora, seppure circostanze particolari non esigessero diversamente.

§ 301.

Per difendere le ruote possibilmente dai geli, si rinchiudono in una specie di cameretta o recinto, cioè si preclude lo spazio in cui girano, contornandolo con assito, cui si sovrappone un copertojo. Questo si fa quasi sempre colle ruote a cassette, massime se sono alquanto depresse in confronto al piano del terreno circostante, perchè queste ordinariamente non hanno un apposito risciacquatojo di fianco alle docce.

Nei mulini con ruote a palmette a docce di mezzana larghezza di solito si rinchiude nel recinto anche il risciacquatojo, il quale si lascia allo scoperto se le docce sono di una certa ampiezza.

Questo recinto si fabbrica di muratura o di legname. I primi si preferiscono segnatamente se le pareti devono profundarsi tutte, o in parte nella terra, come occorre molte volte per le ruote a cassette.

La fig. 679 rappresenta la sciografia di un recinto d'opera murale, dove i muri trasversali di sopra e di sotto d'onde l'acqua entra ed esce, dovrebbero avere delle aperture ad arco, voltate sopra piedritti di conveniente robustezza, e alzati sopra buon fondo.

Il vano degli archi si chiude con tavole fino a livello del pelo ordinario del canale, perchè il freddo non possa insinuarsi entro al recinto.

I recinti di legno si usano generalmente per le ruote a cassette, a titolo di economia; e le sue pareti possono essere fatte in prolungamento di quelle delle docce, come vedesi nella fig. 680. Per lo più si rivestono di sole tavole, sulle quali poi all'inverno si distende della paglia, o dello strame.

Il coperto dei recinti si munisce di tegole, o di asserelle: queste però non concentrano molto il calore, per cui è meglio comporne l'ossatura di travicelli posti al traverso, e d'inverno vestirli anch'essi di strame che poi si toglie alla primavera, e così il recinto nella stagione calda rimane scoperto.

Il recinto deve essere spazioso abbastanza perchè si possa manovrare liberamente d'inverno a togliere il ghiaccio, e negli altri tempi ad eseguire quei lavori e risarcimenti che possono occorrere.

§ 302.

È noto, per una causa naturale e facile ad essere concepita, che le acque di sorgente al primo scaturire dalla terra difficilmente si congelano, indi si raffreddano poco a poco cammin facendo all'aria aperta. Una corrente importante che sia tutta, o in parte formata con fresche acque di fonte, non andrà soggetta a gelare, se non dopo avere percorso una determinata distanza, cosicchè i mulini che saranno animati pei primi con tali acque, o non patiranno punto di gelo, o ben poco.

Perciò si fa uso delle acque di fontana per impedire in parte la formazione del ghiaccio dintorno alle ruote, e nella gora, introducendovela secondo l'opportunità, disopra, o disotto della gora stessa, o solo nelle ruote. Questo mezzo serve singolarmente a diminuire d'assai il ghiaccio subacqueo.

Si comprende di leggieri, che quanto è più piccola la portata di un canale, l'acqua di sorgente deve agire con maggior efficacia a scemare il ghiaccio, e al contrario nei canali copiosi poco sensibile riesce anche siffatto espediente. Di qui si può avere un criterio per discernere quando sarà possibile usarne con vantaggio.

Dovendo derivare le sorgenti da qualche distanza converrà convogliarle col mezzo di tubi, o di canaletti coperti.

§ 303.

Per provare il meno che sia possibile i disagi dell'invernata, necessita eziandio che si riparino a dovere durante l'autunno tutte le parti esterne del mulino, cioè le docce, le paratoje, le ruote, gli alberi, i perni, ecc., giacchè nell'inverno queste parti non solo vanno soggette a soffrire più che in qualunque altra stagione, ma riesce inoltre le molte volte difficilissimo, ed anche impossibile il portarvi riparo. Le ruote, gli alberi, ed i perni patiscono assai più segnatamente dal sopracarico del ghiaccio, e dalle percosse nel distaccarlo, e le palmette si spezzano con facilità sia perchè agghiadino le docce, o per l'impeto de' ghiacci trasportati. Tali avarie sono sempre più probabili allorquando queste parti non sieno in buona condizione, e quindi più facilmente può nascere il bisogno di ri-

sarcimenti. Si vede poi subito, che nei freddi intensi deve essere estremamente difficile il lavorare dintorno alle ruote, e se si spezza un albero, o si scompagina comunque una ruota, ordinariamente bisognerà sospendere l'esercizio del mulino per tutta l'invernata.

Sarà dunque saggia precauzione quando si possa di rimettere in buon stato all'autunno quelle parti del mulino che sono fuori dell'edifizio, e che in qualche modo lasciassero ragionevole dubbio di poter essere sconcertate per effetto dei geli.

§ 304.

Nei mulini posti entro l'alveo di fiumi, senza apposita gora, basta ordinariamente rompere e sbrogliare il ghiaccio dalle docce, e aprirlo per qualche tratto davanti alle medesime.

L'operazione di rompere e sgomberare il ghiaccio, è più frequente quanto più forte è il gelo, e quanto più sono esposte le ruote ai venti freddi. Talvolta bisogna ripeterla ad ogni quattro, o sei ore, massime alla notte, e tal altra basta eseguirla una volta o due nel corso di un'intera giornata.

Quando si stacca il ghiaccio dalle ruote o dalle docce, bisogna procurare di romperlo in minuti pezzi, se deve passare sotto alle ruote senza arrecar guasti; e la stessa attenzione deve avervi nello spezzare i tavoloni di ghiaccio davanti alle paratoje, giacchè non converrebbe dar esito ai diacciuoli pel risciacquatojo, per non perdere nello stesso tempo inutilmente molta quantità di acqua: dimodochè, se il ghiaccio fosse grosso molto e duro, sarà meglio estrarlo dalla gora.

Il ghiaccio natante ai mulini ordinariamente non apporta notevoli danni, seppure sieno difesi con istecconati. Le particelle che sfuggono tra gli stecconi, sono molli e fiacche, e quindi facilissime a stritolarsi. È però sempre meglio dirizzarle ai rifiuti od alla pescaja, ponendo un pezzo di legno davanti allo stecconato, quasi a fior d'acqua in modo che il ghiaccio vi batta contro, e prenda quella strada che si vuole.

Sebbene i mulini posti ne' fiumi d'ordinario sieno molestati dal ghiaccio meno di quelli ai quali l'acqua è derivata con apposita gora, sono però soggetti a maggiori pericoli quando dimoja; perlocchè è buona ed utile cautela, quando cominciano i geli, di sgomberare pienamente dal ghiaccio la pescaja e gli scaricatori, non che qualche tratta superiore del fiume, affinchè i ghiacci trasportati non incontrino alcun impedimento che li trattienga nel loro corso, o li obblighi a stivarsi.

I mulini con mediocre o piccola dote di acqua, derivata per mezzo di una gora speciale, oltre ai lavori enumerati nell'antecedente paragrafo, richiedono anche lo spazzamento della gora.

Cotali gore bisogna soprattutto tenerle sgombre da ghiacci fondali, i quali si staccano coi mazzi descritti al § 261 e si portano a galla, o se non si potessero altrimenti rimuovere, bisognerà cavarli fuori.

L'acqua nelle gore gelasi anche in superficie, e volendo mantenere il canale sempre libero, bisogna continuare a rompere il ghiaccio finchè durano i geli: ma però basterà conservare aperto il canale nel mezzo solamente, siccome vedesi nella fig. 681. Così una tale apertura servirà per trasportare e cacciare il ghiaccio e per poter lavorare coi mazzi sul fondo, e ripurgare continuamente l'alveo della gora. Bisognerà per altro procurare di regolare il pelo dell'acqua ad un'altezza costante, altrimenti le falde laterali del ghiaccio aderente alle sponde, precipitano e si spezzano. Per dirigere i ghiacci che si distaccano nel mezzo del canale, si adoperano le cucchiare indicate al § 261.

Sgomberati che sieno i ghiacci sul fondo, si lascia perfezionare la crosta in superficie, e quando abbia acquistato una conveniente consistenza per reggersi da sè, si rimuovono tutte le cause che potessero dar luogo a rigonfiamenti. Allora l'acqua scorre per disotto tranquilla, ed in quantità sufficiente, senza che vi sia il bisogno di affaticare ulteriormente d'intorno al ghiaccio.

§ 306.

La peggiore condizione di una gora ordinariamente è quella di avere più mulini di seguito: e per lo più il mugnaio posto di sopra, è in situazione più svantaggiosa di quello che gli sta sotto. Se quest'ultimo non tiene regolata la sua gora, il primo non può macinare per il regurgito che gliene deriva. Se l'inferiore spurga e sgombra la gora a dovere, bisogna che riceva tutto il ghiaccio che si stacca da quello di sopra. Sono innumerevoli i modi con cui due o più mugnaj che hanno i loro mulini nella stessa gora, possono danneggiarsi col ghiaccio, perchè di solito ciò che giova all'uno fa male all'altro. Di quivi nascono querele e liti senza fine.

L'espedito migliore che si possa adottare, è quello di stabilire fra i due mulini uno sfioratore, od una diga, colla cresta elevata a tal segno, che quando il mulino inferiore abbia un corpo d'acqua sufficiente, non

possa scorrerne altra, e crescendo ai scarichi per lo sfioratore. Se il mulino superiore è situato in modo che non sia facile a sentire il regurgito, la cresta dello sfioratore si potrà tenere alta maggiormente, secondo che le particolari circostanze lo faranno giudicare necessario. Se il mugnajo inferiore non terrà la sua gora in buon ordine, una parte dell'acqua tracimerà dallo sfioratore, e qualora il mulino di sopra patisse regurgito, questo non potrà essere molto rilevante. — Il mugnajo superiore può eziandio cacciare i ghiacci per lo sfioratore, anzi sarà necessario che lo faccia se non vuole che le acque si rigonfino troppo contro alle ruote. — Il mugnajo che sta al disotto invece, sarà obbligato a tener netta e ben regolata la sua gora, se non vuole che il suo mulino abbia scarsezza d'acqua.

Praticando nel corpo dello sfioratore una luce di scarico, si avrà il vantaggio di poter levare l'acqua dal mulino di sotto, in caso di necessità, senza doverla levare simultaneamente anche dal primo.

CAPO DECIMONONO

Massime generali sul modo di valutare la spesa presuntiva della fabbrica di un mulino, e la sua vendita.

§ 307.

In generale, qualunque sia il lavoro che si vuole eseguire, e qualunque il metodo da impiegarvi, è sempre utile, anzi necessario conoscere anticipatamente l'impegno al quale si deve far fronte, per sapere se questo sia commisurato ai mezzi di cui si può disporre. In tal guisa non si avventurano imprese superiori alle proprie forze, e non si arrischia di mettere le amministrazioni in imbarazzo per provvedere alle maggiori spese che non furono prevedute, o di ridurre privati proprietarj a dover sospendere a mezzo gli intrapresi lavori, od a rimanere vittime della avidità di maligni impresari, o della ignoranza di inesperti architetti.

§ 308.

Il principale requisito che deve avere chi si incarica di consimili operazioni è l'illibatezza, cioè quel principio che dirige l'uomo ad operare con rettitudine e precisione, tanto da compiere adeguatamente ai doveri del proprio istituto, e da corrispondere nel miglior modo possibile alla confidenza che altri ripone in lui. Quindi gli è indispensabile una fondata ed estesa cognizione dei principj dell'arte che professa, e deve seguirla ne' suoi progressi, e saperne le pratiche più minute, tanto da potersi rendere ragione di ogni più minuta particolarità. Queste doti non si acquistano che studiando e meditando attentamente ciò che si è fatto dagli altri, e col sussidio di molta esperienza, senza della quale non è possibile giudicare rettamente della verità dei varj elementi che concorrono a stabilire le qualità ed il merito delle opere di cui si cerca il valore.

§ 309.

Il piano completo di una fabbrica, non basta che sia rappresentato con disegni chiari e regolari, ma deve essere accompagnato da una memoria,

o descrizione, dove sieno specificate distintamente tutte le opere da eseguirsi, indicate le tecniche prescrizioni riguardanti le qualità dei materiali da impiegarsi, ed insegnati i metodi particolari di prepararli, lavorarli e riunirli insieme, perchè ne risulti un tutto perfetto e che corrisponda alla mente dell'autore del piano stesso, e di chi lo ha ordinato. Se la fabbrica deve essere eseguita per appalto, o per mezzo di un contratto di cottimo, sia che questo riguardi il complesso delle occorrenze, sia che si restringa alla pura somministrazione dei materiali, o della mano d'opera, converrà sempre vincolare l'impresaio con speciali condizioni le quali assicurino possibilmente la migliore riuscita del lavoro, e sia tutelato insieme l'interesse del committente.

§ 310.

La stima regolare di una fabbrica si riduce a determinare il quantitativo delle diverse specie dei materiali che possono occorrere, e delle fatture; a trovare il costo elementare di ciascuna delle varie opere abbisognevole, ed a valutare la spesa complessiva, coll'applicazione dei prezzi stabiliti per ciaschedun elemento alle quantità rispettivamente calcolate. La prima è una operazione basata sulla conoscenza dei principj geometrici riguardanti la misura delle linee, dei piani e dei solidi; la seconda richiede una speciale pratica dei metodi di preparare e lavorare i materiali, e dei prezzi commerciali della giornata; la terza si risolve in un semplice computo aritmetico.

§ 311.

Il prezzo dei lavori consta di diversi elementi. Essi sono:

- 1.° Il valore dei materiali;
- 2.° Il calo che soffrono a lavorarli e metterli in opera;
- 3.° La mano d'opera per l'esecuzione dei lavori;
- 4.° Le spese accessorie, che comprendono il consumo degli attrezzi, utensili e macchine, la costruzione o la pigione di arsenali, cantieri e magazzini, le spese di trasporto e di sorveglianza ai lavori, la loro amministrazione interna, le piccole spese per oggetti indeterminati, e simili;
- 5.° L'interesse dei fondi anticipati dall'intraprenditore ed il suo bonifico per guadagno e compenso di assistenza. — Noi esamineremo partitamente tutti questi elementi, limitandoci però alle nozioni più generali, non essendo luogo opportuno di entrare in minuti scandagli. Questo argomento di tanta importanza e di tanta estensione, e del quale si sente continuamente il bisogno, ha fermato già da gran tempo la speciale nostra atten-

zione, per cui abbiamo raccolti eccellenti e copiosi materiali, ed eseguiti moltissimi esperimenti in tutte le occasioni che ci si presentarono; e se un giorno le nostre occupazioni ci lasceranno qualche poco d'agio da poter coordinare il lavoro forse ci risolveremo a rendere di pubblica ragione anche questa fatica, non per altro che colla vista e col desiderio di giovare quel poco che le deboli nostre forze lo concedono a rendere meno penosa e più uniforme questa partita così frequente delle giornaliere operazioni che ci riguardano.

§ 312.

Per base del valore dei materiali si adotta quasi sempre il prezzo che corre in commercio nel paese dove si eseguiscano i lavori. In tal caso bisogna esaminare attentamente questi prezzi, avendo riguardo alle diverse circostanze per le quali possono variare, quali sarebbero il taglio di boschi, l'aprimento di nuove cave, lo stabilimento di officine e simili. Siffatti prezzi possono variare anche per la simultanea esecuzione di grandi lavori sullo stesso punto, od in luoghi vicini, per lo stato di pace o di guerra coi paesi limitrofi, e per altri diversi titoli. Alcune volte i prezzi commerciali non si possono applicare alla stima di un'intrapresa alquanto considerevole, che esigerà necessariamente lo sviluppo di mezzi che cambieranno la natura ed il valore degli oggetti; così in una città dove non vi fossero grandi operazioni i prezzi correnti in paese, sarebbero evidentemente troppo alterati, per essere applicati a lavori di grossa entità. Può darsi anche che non esistano prezzi in commercio, come sarebbe se si impiegassero processi nuovi, o non usati nel paese, quando si aprano nuove cave, ed ogniquale volta le opere s'intraprendano in paese poco popoloso, o che non offra alcun facile sussidio per l'eseguimento dei lavori.

È dunque utile il presentare l'analisi completa del valore dei materiali, risalendo agli elementi primi, sia per servire alla rettificazione dei prezzi correnti, sia per determinare rigorosamente il prezzo quando circostanze particolari ne rendessero necessaria la cognizione.

Il valore dei materiali comprende:

- 1.° Il prezzo della proprietà;
- 2.° Le spese di estrazione e di fabbricazione;
- 3.° Le spese di trasporto ai magazzini, od al sito della fabbrica.

Il prezzo della proprietà è la somma pagata al padrone del fondo, che può essere un bosco, una cava, una fornace da mattoni o da calcina. Questa categoria di stima è variabilissima secondo la natura delle materie che si possono incontrare, e l'esito del loro apparecchio. E questo forma il soggetto di informazioni da assumersi in luogo.

Le spese di estrazione e di fabbricazione sono le più difficili da valutare. Per determinarle si richiedono estese cognizioni pratiche e numerose osservazioni, delle quali manchiamo quasi totalmente. La varietà dei metodi non permette che si possano applicare ad un paese i risultamenti delle osservazioni fatte in un altro. Questi risultamenti inoltre dipendono dall'intelligenza che presiede ai lavori, dalle applicazioni più o meno felici dei processi meccanici e da una folla di circostanze che vanno esaminate in luogo. È quindi necessario, per avere dei dati valutabili in questo soggetto, di raccogliere il maggior numero di osservazioni, di confrontarle e porle a disamina, per cavarne risultamenti suscettibili di essere impiegati con qualche certezza nelle analisi a cui devono servire di fondamento.

I mezzi di trasporto, sono meno difficili ad essere valutati, ma devono fermare egualmente tutta la nostra attenzione per la loro importanza. Questi mezzi sono moltissimo variabili, e la spesa relativa dipende dalla località, dalle stagioni e dall'intendimento di chi dirige l'esecuzione dei lavori.

Per molte specie di materiali, il trasporto non si può effettuare senza una perdita, sia per l'imballaggio, per la vagliatura, o per altra causa comunque. Questa perdita non dipende solamente dalla natura dei materiali, ma anche dai mezzi di trasporto impiegati e dalla lunghezza del tragitto. Bisognerà quindi valutarli accuratamente e computarne il valore nella stima del prezzo dei materiali. Talvolta questa perdita è compensata dal soprappiù che il fabbricatore od il venditore accordano appositamente. In tal caso non se ne deve tener conto. La perdita nel trasporto dei materiali è indipendente dal consumo, o calo che deriva dal loro uso, e del quale si parlerà in seguito.

I dazj e pedaggi vanno aggiunti al prezzo d'acquisto e di trasporto dei materiali, ossia al loro valore lordo, quando stieno a carico degli imprenditori: ma questi diritti devono essere espressamente indicati nelle analisi.

Vi è pure un'altra importante considerazione alla quale bisogna avere riguardo nello estendere una analisi. Prendendo per base di una stima il valore lordo dei materiali, la qualità dei medesimi si ritiene per quello che è effettivamente; ma bene spesso in commercio la cosa va altrimenti, e le consuetudini modificano sensibilmente un tale risultamento. Questo si verifica in ispecie nella compra dei legnami, ai quali si accorda il così detto accrescimento. Inoltre si fanno delle tratte o cambiali a respiro. Siccome pertanto nella analisi si calcolano tutte le spese reali, e d'altronde le condizioni del contratto devono procurare all'intraprenditore un beneficio sufficiente per compensare le sue cure, e l'interesse delle sue anticipate, così è giusto che si abbia riguardo ai vantaggi che provengono dalle consuetudini e dai patti contrattuali accennati.

Il consumo o calo nell'uso dei materiali dipende in parte dalla loro qualità, ed in parte dalla attenzione e dalla abilità degli operaj e dalla intelligenza di chi li dirige. Questo in pratica è stato determinato per ciascuna specie di materiali dietro le osservazioni dei migliori costruttori. Non si possono però dare delle regole generali a questo proposito, per cui sarà necessario consultare l'esperienza, per modificare i dati che si conoscono, a seconda delle parziali località.

La stima della mano d'opera di diverse specie di lavori può essere determinata molto più facilmente del valor brutto dei materiali. Le osservazioni fatte su questo elemento delle analisi, sono suscettibili di una applicazione più generale, e le modificazioni che può apportare ai risultamenti l'abilità più o meno grande degli operaj, o la natura variata dei materiali, devono ricavarsi da sperienze locali, giacchè se la forza degli uomini può essere riguardata come costante per tutto un paese situato sotto uno stesso clima, l'abitudine, la destrezza, ed anche le facoltà morali degli operaj, influiscono pure sul prodotto della loro fatica.

L'effetto che un uomo può rendere in ciascuna specie di lavoro, deve essere desunto dal risultamento medio e dal confronto ragionato di molte osservazioni. Quindi le sperienze da prendersi per base devono essere numerose perchè si possa arrivare ad avere una notizia adeguata del lavoro giornaliero, dovendo questo essere tale da potersi continuare regolarmente per un buon numero di giornate. È adunque necessario che il riposo ed il nutrimento ristorino talmente le forze dell'operajo, o della forza animata qualunque siasi, che ad ogni nuovo giorno si trovi nello stato dell'antecedente, e possa per conseguenza produrre lo stesso effetto utile. Se invece si determinasse l'effetto utile all'appoggio del lavoro di pochi momenti, siccome l'osservazione insegna che una forza animata produce a ciascun istante una quantità di moto sempre maggiore, quanto è minore la durata del lavoro, così è evidente che si perverrebbe ad un risultamento inesatto, ed in pratica rare volte si vedrebbero confermati in un lavoro di lunga durata i dati forniti da cotali esperienze.

I risultamenti di sperienze fatte da noi, dovrebbero essere considerevolmente modificati se si volessero applicare a lavori da eseguirsi in paesi caldissimi: infatti Coulomb membro dell'accademia delle scienze di Parigi, che

dimorò lungo tempo alla Martinica come ufficiale del genio, osservò sotto questa latitudine, dove il termometro di Reaumur cala di rado sotto ai venti gradi, che gli uomini non sono capaci della metà dell'azione giornaliera che possono somministrare nel clima temperato della maggior parte dei paesi d'Europa.

La mercede giornaliera deve essere regolata con quella stessa misura che corre in paese, dipendentemente dall'uso. A questo proposito vuole essere fatta un'osservazione di molta importanza. Nella maggior parte delle analisi si prende per base il salario usuale di un giornaliero. Questa valutazione non presenta incongruenze quando si tratti di lavori che non si eseguono se non a giornata; ma per quei lavori che ordinariamente si danno a cottimo, o prezzo fermo, come sono i lavori di terra, le fascinate e simili, spesso volte si prende per base dell'analisi la quantità di lavoro che può essere fatta in un giorno da un uomo che lavori a cottimo, e vi si applica la mercede giornaliera di un operajo comune. Così, per citare un esempio frequentissimo di questo genere di errore, si determina il prezzo di un metro cubico di escavazione, supponendo che un lavorante terrajuolo escavi, e carichi quindici metri cubi di terra da semplice abbraccio, in una giornata operativa, e si valuta questo prodotto allo stesso prezzo della giornata usuale. È però ben noto che il lavoratore a cottimo, e quello a giornata non producono lo stesso effetto giornaliero, e nel caso particolare che si cita, un manuale a giornata sarà ben raro che pervenga ad escavar quindici metri cubi di terra. Vi sono degli autori i quali giudicano che gli uomini a giornata, lavorino la metà di quelli a cottimo. Altri fissano questo rapporto a due terzi, e pare che questa valutazione si avvicini di più alla verità, quindi sarà quella da tenere per base.

Quanto alla durata della giornata operativa, l'uso generale è di supporla di dieci ore escluse il tempo del riposo. Spesso in vero le giornate estive eccedono le dieci ore di lavoro effettivo, e le jemali sono più brevi: questo però è indifferente nelle valutazioni, potendosi variare a piacimento la durata del lavoro giornaliero, e assumere l'ora per unità di tempo.

§ 315.

Si chiamano spese accessorie quelle relative all'appalto dei lavori ed alla redazione dei conti, la tassa della patente, la pigione degli arsenali, cantieri e magazzini, il consumo degli utensili, quando non sieno specialmente considerati nelle analisi, le spese di trasporto, di sorveglianza e di amministrazione interna, e finalmente tutte quelle piccole spese che dovendo

essere ripartite sul complesso dei lavori, non potrebbero essere facilmente calcolate in sede separata per ciascuno di essi in particolare.

Di queste spese accessorie, alcune sono costanti, altre mutabili. Le spese costanti sono quelle del contratto e della patente. Le altre sono mutabili in uno stesso luogo, non solo in ragione dell'importanza dei lavori, ma anche secondo la capacità dell'intraprenditore, la personale sua professione, il partito che può trarre da stabilimenti eretti per altre intraprese, e finalmente per diverse cause locali che possono influire sulla entità di queste spese accessorie.

Sarebbe un error grave il supporre che le spese accessorie in ogni caso dovessero conservare una proporzione invariata colla massa delle spese. È manifesto che in uno stabilimento dove si spendessero ogni anno 10,000 franchi, il rapporto della spesa effettiva alle accessorie, monterebbe assai più che non sarebbe se invece se ne erogassero 100,000. — Due analisi succinte della fortezza di Strasburgo confermano questa asserzione. Nella prima di queste analisi per gli anni 1817, 1818 e 1819 fatta colla massima diligenza, fu trovato con calcoli esatti che contro la spesa annua di 100,000 franchi, le spese accessorie furono di franchi 7,000 all'anno, cioè il 7 per cento. Con un'altra analisi istituita allo stesso scopo per la medesima fortezza, e con altrettanta diligenza, riferibile ai lavori degli anni 1820, 1821 e 1822 le spese accessorie sono valutate a franchi 8,000 all'anno, quantunque la spesa annua sia montata a 200,000 franchi, cosicchè si riducono al 4 per 100. Da questo esempio si vede che non può stabilirsi un rapporto costante tra le spese accessorie e la massa delle spese utili.

Ordinariamente non si considerano fra le spese accessorie che quelle degli attrezzi, degli utensili e delle macchine, quelle di magazzino e di sorveglianza, quando possano essere valutate a tutto rigore. Gli attrezzi per lo più vengono forniti dall'intraprenditore; ma qualche volta li portano con sé gli stessi operaj, li riparano e li rinnovano a loro spese. È questa una considerazione alla quale bisogna avere riguardo nella redazione delle analisi, sia sopprimendo del tutto le spese degli attrezzi, o comprendendoli nel prezzo elementare della giornata. Quanto alle macchine, in caso di lavori pubblici, possono essere provvedute a spesa del Governo, e messe a disposizione dell'intraprenditore coll'obbligo di ripararle, e di rispondere della loro conservazione: queste tutte sono circostanze delle quali bisogna tener conto.

Anche la spesa degli arsenali, de' magazzini e dei cantieri è sommamente variabile; e qualche volta sono forniti in parte od in tutto dal Governo, o da chi imprende a far fabbricare. Alcuni intraprenditori ne possiedono del

proprio, ovvero sono obbligati ad erigerne, o prenderne a pigione. Per questo non si possono dar regole fisse nella valutazione delle spese di condotta, di sorveglianza e di interna amministrazione. Queste spese consistono nell'onorario dei commessi impiegati sia nell'ufficio dell'intraprenditore, sia sui lavori, o per le compere; nella paga degli assistenti che dirigono gli operaj; in quella dei maestri, nelle spese di tracciamento, di guardia d'ufficio, ecc. Tutte queste spese dipendono non solo dalla somma annuale destinata ai lavori, ma da circostanze accidentali variabilissime. Se non dovessero far parte delle analisi, bisognerebbe compenetrarle nel compenso devoluto all'intraprenditore, come elemento variabile, che deve influire sull'esito delle obbligazioni, al pari della proporzione del compenso suddetto.

§ 316.

Nelle analisi dei prezzi si suole aumentare di un decimo la somma di tutti gli elementi di spesa che abbiamo esaminati, per indennizzare l'intraprenditore dell'interesse delle sue anticipazioni, e per compensarlo delle sue cure e della sua industria. Questa proporzione è manifestamente troppo tenue per imprese di poca entità, e troppo esagerata quando si tratti di lavori molto in grande. Così in uno stabilimento dove non si spendono annualmente più di cinque o seimila franchi, un bonifico del cinque o sei per cento, diminuito spesso da un ribasso, non sarà un salario bastevole per un intraprenditore, che ad onta della piccolezza della spesa, avrà dovuto impiegare molta parte del suo tempo alla esecuzione ed alla sorveglianza dei lavori. Al contrario quando si spendessero sullo stesso punto parecchie centinaia di mille franchi, il bonifico dell'intraprenditore sarebbe esagerato, sebbene le sue cure e le sue anticipazioni non abbiano aumentato nella stessa proporzione della spesa: dovrà inoltre avervi considerazione alla regolarità e distanza dei pagamenti, da cui dipende il maggiore o minore sacrificio delle anticipazioni.

Per queste considerazioni, l'amministrazione della guerra in Francia, negli schiarimenti ai modelli di analisi che ha fatti pubblicare per norma de' propri ingegneri nella redazione de' progetti che la riguardano, e dai cui preliminari noi abbiamo desunto molta parte delle massime esposte, porta opinione che il bonifico dell'intraprenditore o le spese accessorie, eccettuate quelle degli istrumenti e delle spese eventuali che appartengono specificatamente ad una determinata qualità di lavori, debbano restare escluse affatto dall'analisi e che i prezzi lordi debbano essere presentati all'asta, la quale dovrebbe

seguire un ordine inverso di quello praticato fino ad ora. Così, supposti i prezzi delle diverse parti di un'opera calcolati nel modo accennato, si ricevessero le obblazioni su questi prezzi lordi; e non ottenendo ribassi, o non accettandosi questi prezzi, si aumenterebbero successivamente di una unità, o di mezza unità per cento, fin tanto che alcuno dei concorrenti accettasse l'ultima offerta.

Non entrerenno in maggiori particolari su questa materia, bastandoci di averne accennate le massime generali: sul modo di farne le applicazioni, si potranno consultare le opere di Vauban e di Cormontaigne, il Trattato della costruzione dei ponti di Gauthey, l'Arte di fabbricare del Rondelet, la Contabilità delle fabbriche di Morisot, le Sperienze sulla mano d'opera di Boistard, quelle d'Ancelin, il libro quinto delle Istituzioni statiche ed idrauliche del Cavalieri, la Raccolta di elementi per la valutazione delle fatture, compilata dal conte Luigi Ponza ed inserita in appendice alla parte terza delle sue Istituzioni di Architettura civile; le Analisi dei prezzi per lavori del genio in tutte le piazze-forti della Francia, e quelle pubblicate, come si è detto, dall'amministrazione della guerra a cura del comitato delle fortificazioni del genio francese.

§ 317.

Anche la stima della rendita o del fitto di cui un mulino può essere suscettibile, colle forze che si hanno disponibili, e colla organizzazione delle sue parti, non è meno importante e necessaria a sapersi di quello che lo sia l'entità della spesa che occorre ad erigerlo. — I canoni regolatori di una tale operazione sono quegli stessi coi quali si determina il ricavo di una proprietà o di un opificio qualunque. Importa quindi prima di tutto di assegnare l'entità delle spese primitive, e delle annuali, e la somma dell'interesse delle prime, colle seconde, diffalcato dalla massa dei prodotti annuali, darà l'annuo ricavo netto che si cerca.

Gli interessi del capitale primitivo, e sua successiva distruzione, sono facili ad essere calcolati, quando si sappia l'ammontare delle somme erogate nelle opere di primo stabilimento o nell'acquisto dell'edificio e dei suoi annessi e connessi, e in ogni caso potrà sempre determinarsi con molta approssimazione stimando le opere esistenti coi principj di sopra mentovati, considerandole come se dovessero venire eseguite di nuovo.

Nelle spese annuali sono comprese quelle di manutenzione all'edificio, ed ai meccanismi, lo spurgo e regolamento dei canali e delle acque coi loro manufatti, il fitto delle acque medesime, o l'interesse del prezzo di

compera, i salari ai giornalieri e lavoratori, l'interesse della somma impiegata nell'acquisto delle bestie da soma e da tiro necessario all'esercizio del mulino, e la perdita annuale portata dal naturale loro deperimento; il mantenimento giornaliero dei medesimi, la ferratura e le eventuali malattie, i risarcimenti agli attiragli, e finalmente la direzione, amministrazione e guadagno del mugnajo.

I prodotti annuali non possono essere stabiliti con una misura costante, essendo soggetti a variare per molte cause, tra le quali si annoverano lo stato d'acqua del canale, o fiume che anima le ruote, le accidentali rotture sia ai manufatti del canale che ai meccanismi, per cui si renda necessario di sospendere l'esercizio delle macchine, la martellatura delle macchine, il raccolto più o meno copioso, la maggiore o minore concorrenza degli avventori, e simili. Questi prodotti poi dipendono anche dalle rispettive qualità dei diversi generi che si sottopongono alla macinazione, essendo noto che il tempo che si richiede a ridurre μ farina un moggio di grano, è diverso a seconda della sua natura, e del maggiore o minor grado di purezza e di stagionatura, e che varia parimente in proporzione anche la misura del compenso, ossia della mulenda che si contribuisce.

Ammessi questi principj dimostreremo con un'applicazione particolare, come si possa procedere a determinare il fitto annuo che può essere attribuito ad un opificio di questo genere.

Si ha un mulino a sei macchine, mosse da altrettante ruote. L'acqua costituente la portata del canale è soggetta a variazioni periodiche tali, per cui all'inverno, cioè nei mesi di dicembre, gennajo e febbrajo basta appena a volgerè contemporaneamente quattro ruote. Nei tre mesi successivi ordinariamente si aumenta per modo, che si possono animare le sei ruote continuamente. In giugno, luglio ed agosto la quantità d'acqua basta soltanto a muovere due ruote, e negli altri tre mesi possono animarsi insieme le sei ruote. — Le macchine sono attive ogni giorno, ed anche alla notte in caso di bisogno, eccettuati i giorni festivi, che l'acqua del canale si diverte ad altri usi.

Ciò premesso, la somma dei giorni nei quali può attivarsi la macina dei mulini di cui si tratta ascende a circa 310, e le ruote che possono in ragguaglio mantenersi operose corrispondono a quattro e mezza in ogni giorno utile, per cui l'effetto conseguibile dalle sei ruote può agghagliarsi a quello di una ruota in 1395 giorni. Le macchine non sono però sempre attive in corrispondenza della quantità d'acqua scorrente nel fiume, giacchè talvolta qualcuna di esse rimane oziosa per difetto di concorrenza, e talvolta per guasto nel meccanismo, per cui le giornate utili di sopra calcolate, si possono ridurre senza allontanarsi molto dal vero a sole 1045.

Si suppone inoltre che le macine sieno ben sistemate e di dimensioni ordinarie per cui possano in 24 ore macinare dieci moggia milanesi di grano turco, oppure quindici moggia di frumento, o di segale, e si corrispondano al mugnaio quartara due di grano turco per ogni moggia di macinata, o quartara due similmente per un moggio di segale, e franchi 6, 90 per ogni moggio di frumento.

Istituendo su questi dati il calcolo del profitto che può ritrarsi dalle sei macine ridotte a quattro e mezza continue, ossia ad una sola animata per 1045 giornate; e seguendo quella proporzione tra il grano turco, la segale ed il frumento, che corrisponde verosimilmente al fatto, si ha il seguente risultamento:

Grano turco	per giornate	750 moggia	7500 » L. . . .	L. . . .
Segale	»	115 »	1725 »	»
Frumento	»	180 »	2700 »	»

Tornano giornate N.° 1045. Prodotto totale L. A

Per l'esercizio di tre macine sempre attive si ritengono necessari quattro muli, quattro garzoni ed un macinante, ai quali si corrisponde una giornaliera mercede in denaro, oltre al vitto e l'alloggio. Ciò posto, ecco il calcolo delle deduzioni:

1. Importo di sei muli per le quattro ruote e mezza L. . . .
che riducendosi a zero dopo 25 anni, porta la perdita
annuale di L. . . .
2. Loro mantenimento annuo, in ragione di L. . . . cia-
scuno al giorno, sono annue »
3. Manutenzione dell'attiraglio e ferratura »
4. Infortunj e malattie »
5. Salario di sei garzoni ad annue L. »
6. Salario di due macinanti, annue »
7. Vitto giornaliero dei garzoni e macinanti a L. . . . in
tutto »
8. Manutenzione delle sei macine »
9. Piccoli risarcimenti ai macchinismi »
10. Direzione, amministrazione e guadagno del mugnaio »

Spesa totale L. B L. B

Che detratta dai prodotti, lascia l'annuo fitto netto di . . . L. A - B

Con questa formola generale modificata a seconda delle particolari circostanze locali, sarà facile istituire calcoli consimili nei casi i più comuni, e dipenderà dal criterio del perito ingegnere l'applicarvi quelle norme che crederà più consentanee ed opportune alla qualità delle circostanze medesime.

FINE

011059



THE
JOURNAL
OF THE
ROYAL ANTHROPOLOGICAL INSTITUTE
OF GREAT BRITAIN AND IRELAND
VOLUME 10
PART 1
1880

INDICE

DELLE MATERIE CONTENUTE IN QUESTO VOLUME

*Cenno storico sulla invenzione, progressi e perfezionamenti
dell'arte di macinare* *Pag.* V-XXVII

Ragione e divisione dell'opera * XXVII-XXXV

LIBRO PRIMO

PARTE PRIMA

Capo primo. Dei mulini ad acqua in generale *Pag.* 3

- § 1. Preferenza all'uso dell'acqua per animare i mulini da grano *ivi*
- 2. Modi di usare dell'acqua *ivi*
- 3. Principali specie di ruote idrauliche 4
- 4. Ruote a palmette e propriamente dei mulini da fiume, o galleggianti 5
- 5. Ruote a palmette cerchiata e sciolta. — Doccie piane e curve 6
- 6. Ruote pinnali — a batente ed a leva 7
- 7. Ruote caricate di fianco 8
- 8. Ruote a cassette — a timpano 9
- 9. Ruote a corona, ruote dentate o stellate, lanterne, gabbie, assi dentati, rocchetti
e ruote a bischieri 10
- 10. Mulini semplici *ivi*
- 11. Ingrunaggio — semplice — duplice — orizzontale 12
- 12. Osservazioni 13

*Cap. II. Organizzazione di un mulino semplice con ruote a palmette girvole in una
doccia arcuata* 14

- § 13. Parti principali del mulino *ivi*
- 14. Disegni dimostrativi *ivi*
- 15. Della doccia. — Sue parti e loro nomenclature 15
- 16. Parte mobile del meccanismo 16
- 17. Macine e loro attinenze *ivi*
- 18. Ponte delle macine 17
- 19. Della tramoggia e suo bisogno per tener raccolto e trainare il grano alle
macine *ivi*
- 20. Frullone e suoi arnesi 18

§ 21. Della macinazione	Pag. 19
22. Della fabbrica in cui situare il mulino	ivi
23. Alcune osservazioni sull'applicazione delle cose spiegate ai mulini di più palmenti	20
Cap. III. Esame sulla quantità d'acqua necessaria per animare un mulino, e sulla caduta e disposizione delle docce	21
§ 24. Considerazioni preliminari sul modo di istituire il calcolo di un mulino	ivi
25. Fino a qual punto importi ordinariamente la determinazione della quantità di acqua	23
26. Usuale, inesatta determinazione della quantità d'acqua	24
27. Denominazioni bisognevoli nel calcolo delle portate e in altre occorrenze pratiche	25
28. Formola generale per determinare la quantità d'acqua necessaria ad animare una coppia di macini	26
29. Applicazione delle cose precedenti alle ruote a palmetta a doccia curva — ed alle ruote a cassette	30
30. Applicazione alle ruote a doccia piana	33
31. Ricerche sull'altezza più conveniente alla velocità ed all'arco d'una doccia curva	34
32. Conoscendo la caduta di un alveo, determinare quando si debba preferire la doccia curva, o la piana	36
33. Determinazione delle proporzioni necessarie all'impianto di un mulino con ruote a cassette	37
34. Disposizione di più ruote in una medesima doccia	39
35. Delle docce orizzontali a più ruote l'una dietro l'altra	41
36. Ricerca generale sul comportamento della caduta, quando il fondo della doccia non sia orizzontale	42
37. Applicazione delle precedenti teorie alle docce curve	45
38. Applicazione alle docce a piano inclinato	51
39. Ordinamento di più ruote poste di seguito in una stessa doccia, ed applicate ad animare un numero diverso di macine	52
a) Applicazione alle docce curvilinee	54
b) Applicazione alle docce piane	56
40. Conversione delle precedenti formole al caso di due ruote in una stessa doccia, e che il tratto corrispondente alla prima ruota che muove due macine sia curvo, e quello corrispondente alla seconda ruota applicata ad una sola macina, termini in piano	57
41. Se sia meglio avendo più ruote dare a ciascuna la propria doccia, o collocarle tutte in una:	59
a) Quando la doccia sia orizzontale	ivi
b) Quando la doccia sia piana, ma non orizzontale	60
42. c) Nel caso di più ruote alla sfilata, in una doccia piana, comparativamente ad un egual numero di ruote, poste in doccia curva, ed isolate	62
43. d) Nel caso di diverse ruote alla sfilata, e nella doccia curva	63
44. Osservazioni sulle ultime indagini	64
45. Determinazione della larghezza delle docce	65

Cap. IV. Dimensioni delle ruote **Pag. 71**

§ 48. La grandezza delle ruote dipende dal numero delle rivoluzioni dell'idraula e della macina	ivi
49. Rapporto generale fra il numero delle rivoluzioni e quello dei denti e dei fusi	ivi
50. Inesattezza del metodo col quale si determina comunemente il numero delle rivoluzioni della macina	73
51. Da che dipende il numero dei giri della macina, e come fin d'ora possa il medesimo assai facilmente rintracciarsi	74
52. Come si determina il numero delle rivoluzioni della ruota idraulica	76
53. Assegnamento del numero dei denti e dei fusi nelle ruote dei mulini a congegno semplice	78
54. Assegnamento del numero dei denti e dei fusi nelle ruote dei mulini a congegno composto	80
55. Determinazione geometrica del diametro delle ruote. — Metodo ordinario dei carpentieri	83
56. Determinazione del diametro delle ruote piccole, e segnatamente delle lanterne, o roccetti	85
57. La grandezza delle ruote non dipende soltanto dal numero delle rivoluzioni, ma da altre circostanze ancora	87
58. Grandezza convenevole alle ruote negli apparati usuali	ivi
59. Del numero dei denti e dei fusi delle ruote ingrananti, considerato relativamente a' fattori comuni	89
60. Dell'intervallo, o compartimento dei denti	90
61. Raccolta delle formole superiormente sviluppate, e loro applicazione alla pratica	91

Cap. V. Del modo di derivare l'acqua ai mulini **94**

§ 62. Condotta dell'acqua ai mulini in generale	ivi
63. Nomenclatura ed uso degli edificj analoghi	ivi
64. Mulini piantati nell'alveo del fiume	95
65. Stramazzi perfetti e imperfetti — altezza dell'acqua	96
66. Larghezza degli stramazzi perfetti	99
67. Utilità delle gore — loro lunghezza	101
68. Pendenza necessaria	100
69. Profilo dell'alveo delle gore	102
70. Sito della gola il più conveniente per erigere il mulino	104
71. Dei mulini sopra canali navigabili	105

Cap. VI. Della costruzione delle docce **106**

§ 72. Osservazioni preliminari	ivi
73. Descrizione delle parti costituenti una doccia piana	107
74. Particolarità di costruzione del vaso morto	107
75. Continuazione dello stesso argomento	109
76. Della traversa o chiavica	111

§ 77. Altezza della soglia	Pag. 113
78. Continua la costruzione del nervile	ivi
79. Delle docce e del risciacquatojo	" 113
80. Disposizione del fondo delle docce piane. — Docce orizzontali ed a declivio	" 115
81. Docce arcuate	" 116
82. Particolarizzata loro costruzione	ivi
83. Forma delle arcature	" 118
84. Paratoje inclinate	" 119
85. Eccezioni contro le paratoje inclinate — paratoje inclinate amovibili	" 120
86. Positura delle cateratte inclinate — esse non tolgono il bisogno delle cateratte principali	" 122
87. Maniere di fortificare la soglia della chiavica	ivi
88. Vantaggi che derivano dal situare la soglia del risciacquatojo più bassa di quella delle docce, e come convenga collegarla in tal caso	" 124
89. Fondo delle docce — rivestimento delle sponde	" 125
90. Necessità dei ponti per dirompere il ghiaccio	" 127
91. Osservazioni	ivi

PARTE II.

CAP. VII. Della costruzione delle ruote in generale, e della composizione delle cerchiate in particolare

§ 92. Osservazioni preliminari	ivi
93. Del banco e compasso da ruote, e del compasso a terga	ivi
94. Composizione delle corone od anelli, e dei quarti delle ruote	" 131
95. Disposizione e numero dei quarti	" 132
96. Si determina col calcolo il numero dei quarti necessari ad una ruota	" 133
97. Modo di determinare la larghezza delle tavole	" 137
98. Modo di determinare la lunghezza dei quarti	" 139
99. Osservazioni sull'unione dei quarti, e della diversa lunghezza dei medesimi in una stessa ruota	" 141
100. Delineamento di un quarto	" 146
101. Sua lavorazione e perfezionamento	ivi
102. Delineamento e lavorazione degli altri quarti	" 147
103. Collegamento dei quarti	" 148
104. Continuazione	" 150
105. Incavicchamento dei quarti, il primo	" 152
106. Collegamento dei quarti con viti invece di cavicchie	" 153
107. Diverse qualità di braccia, e loro vicendevole concatenazione	" 155

CAP. VIII. Costruzione delle ruote idrauliche

§ 108. Dimensioni delle ruote idrauliche	ivi
109. Direzione delle palmette nelle ruote ad acqua mosse per di sotto	" 160
110. Direzione delle palmette nelle ruote di fianco	" 162
111. Ruota alla Poncelet	" 163

§ 112. Condizioni da soddisfare per costruire convenientemente le ruote a cassette	Pag. 166
113. Struttura usuale delle ruote a cassette	168
114. Come si determini l'arco immerso, o l'arnilla fluida di una ruota a cassette di ordinaria costruzione	170
115. Vantaggi che si hanno a diminuire l'angolo che fanno le palmette posteriori	171
116. Esempio analogo	173
117. Continuazione sul modo di armare le ruote a palmette	174
118. Collegamento delle ruote senza corone con incerchiature a quarti addoppiati	175
119. Inserzione delle braccia	176
120. Ruote a cerchiatura con quarti semplici	179
121. Collegamento delle ruote a corona con palmette piane	180
122. Ruote a corona con palmette ripiegate	181
123. Inserzione delle braccia nelle ruote a corona	182
124. Armatura delle braccia nelle ruote assai alte	184
125. Osservazioni sulla scomposizione delle ruote all'officina	185

Cap. IX. Costruzione delle ruote componenti il meccanismo interno 186

§ 126. Osservazioni preliminari	ivi
127. Descrizione di una ruota dentata a corona	ivi
128. Sua costruzione	188
129. Denti a incassatura o ad ugnatura	189
130. Denti a coda o a radice piatta	191
131. Doppia dentatura	191
132. Innesto delle braccia nelle ruote dentate a corona	192
133. Descrizione di una ruota stellata o a denti in testa	193
134. Sua costruzione	194
135. Ruote stellate a denti larghi	195
136. Simili a doppia dentatura	196
137. Ruote a denti in testa, colle spalle degli incastri frammesse	197
138. Allaociature di ferro alle giunture delle ruote stellate e delle ruote a corona	199
139. Ruote a stella orizzontali ed in piano	200
140. Collegamento delle braccia alle ruote stellate	201
141. Descrizione di una lanterna	201
142. Come si determini il diametro di una lanterna, avendo riguardo alla sporgenza dei denti della ruota dritta	202
143. Costruzione di una lanterna	203
144. Inserzione delle braccia	206
145. Intraversatura o sbarratura delle lanterne	207
146. Lanterne con cerchiature di ferro	207
147. Lanterne colle rotelle di grandezza disuguale	207
148. Lanterne senza braccia	208
149. Rocchetti	209
150. Metodo di costruirli	210
151. Rocchetti conici od angolari	212
152. Denti a superficie curva, ed all'olandese	216
153. Asse dentato	219

§ 154. Ruota a banchieri od a pioli	Pag. 220
155. Configurazione dei denti e dei fusi	221
156. Generazione della cicloide, sua equazione e costruzione grafica	222
157. Forma dei denti cicloidal pel caso che un rocchetto ingrani con un'asta dentata. — Raggio di curvatura dei denti. — Altezza e larghezza in testa dei medesimi. Numero minimo de' fusi di un rocchetto, sempre nel caso che i denti si succedano regolarmente, cioè l'uno imbocchi quando l'altro sfugge	224
158. Lo stesso nella ipotesi che i due denti dopo imbocchi percorrano congiuntamente uno spazio	227
159. Generazione della epicycloide; sua equazione e costruzione grafica	229
160. Figura dei denti nel caso che il rocchetto ingrani in una ruota dentata. — Raggio di curvatura e altezza dei denti	231
161. Larghezza alla radice ed alla testa dei denti	233
162. Simile nella ipotesi che il contatto duri un dato intervallo contemporaneo per due denti contigui. — Tavola delle dimensioni dei denti nel caso che la loro larghezza in sommità uguagli prossimamente la metà di quella in base	235
163. Osservazioni intorno alla tabella del § antecedente. — Comparazione della medesima con una regola di Leblanc	240
164. Esempio analogo	241
165. Raggio di curvatura, altezza e larghezza alla sommità dei denti, nel caso di una piccola ruota dentata che ingrani in una maggiore, a denti, o fusi cilindrici. Tabella relativa	242
166. Osservazioni ed esempio analogo	245
167. Determinare come precedentemente la forma dei denti nell'ipotesi che la loro altezza al di sopra della periferia primitiva sia uguale al raggio dei fusi. — Tabelle relative	246
168. Confronto dei risultamenti trovati, colle regole date dai fogli berlinesi, e dal Neumann	251
169. Esempio analogo al caso del § 158	252
170. Metodi di approssimazione per il delineamento dei denti	253
171. Regole pratiche per disegnare i denti delle ruote a corona ed a stella	255
172. Sulla lavoratura dei legnami in generale	261
173. Abbozzo e profilo dei denti e dei fusi	262
174. Osservazioni sulla qualità del legno di cui si fanno le ruote	265
175. Considerazioni intorno ad alcune costruzioni difettose	266
176. Ruote combinate a stella ed a corona	267

CAP. X. Degli alberi e loro accessori

§ 177. Legname degli alberi e lunghezze loro	268
178. Groscezza degli alberi	268
179. Alcune regole sulla conservazione degli alberi	271
180. Del digrossare gli alberi	272
181. Manualità relative	273
182. Stagionatura degli alberi	276
183. Foratura degli alberi	277
184. Compimento degli alberi ottangolari con braccia all'olandese	278

§ 185. Del collo degli alberi	Pag. 279
186. Diverse qualità di perni	" 280
187. Loro dimensioni — collocazione in opera	" 283
188. Imperniatura	" 286
189. Collari, o viera in sostituzione dei perni	" 288
190. Sedili, cavalletti, ecc.	" 290
191. Pulvini di legno e di metallo	" 292
192. Luscinietti, o bronzine di metallo aperte	" 294
193. Simili chiuse	" 297
194. Continuazione dello stesso argomento	" 298
195. Struttura delle giunture ad un solo pulvino	" 300
196. Osservazioni sulla durata delle copule	" 301
197. Sperienze di Buchanan sulle copule inglesi	" 303
198. Apparat per l'attacco e distacco istantaneo dei membri delle macchine	" 304
199. Continuazione dello stesso argomento	" 307
200. Della figura e delle dimensioni degli assi metallici perchè resistano alla rot- tura ed all'incurvamento	" 310
201. Lo stesso avuto riguardo al torcimento	" 313

Cap. XI. Delle pietre da macina, loro lavorazione, assennamento ed effetto " 315

§ 202. Qualità generali delle comuni pietre da macina	" ivi
203. Indicazione di alcune delle principali cave di pietre da macina usate da noi ed in altri paesi d'Italia e fuori	" 316
204. Dimensioni usuali, denominazioni alle cave, scelta ed uso riguardo all'al- tezza	" 324
205. Sulla diversa qualità delle pietre secondo la natura dei grani da macinare. — Pietre artificiate	" 326
206. Metodo di estrarle dalle cave	" 327
207. Lavoratura delle pietre. — Osservazioni preliminari	" 328
208. Apparecchio e lavorazione delle pietre	" 330
209. Del palo e suoi attinenti	" 333
210. Imperniatura della narice	" 336
211. Azzatura delle macini	" 340
212. Velocità o passo delle macini	" 356
213. Peso delle macini	" 360
214. Effetto meccanico, o quantità d'azione delle macini	" 362
215. Formole per determinare la velocità, il peso, lo sforzo e la quantità d'azione di una macina	" 365
216. Della boccola — loro differenti specie	" 368
217. Strumenti per sollevare, ammontare e trasportare le macini	" 370
218. Allacciatura o fasciatura delle macini	" 372
219. Osservazioni sulla configurazione delle macini	" 373

PARTE III.

Cap. XII. <i>Del palco delle macini</i>	Pag. 375
§ 220. Osservazioni preliminari sulla costruzione del palco	ivi
221. Dimensioni	ivi
222. Bestamento del palco	377
223. Collegamento degli scanzi, dei ritti e delle cosce	378
224. Panconi d'appoggio, banchina o registro	379
225. Parapetto e intavolato	381
226. Intelajatura o castello della macchina dormente e scotte di rinforzo	383
227. Collegamento dell'intelajatura del palco	ivi
Cap. XIII. <i>Della tramoggia e degli ordigni per dispensare uniformemente il grano alle macini; e tenerlo raccolto</i>	385
§ 228. Grandezza o capacità della tramoggia	ivi
229. Costruzione della tramoggia e del corpo, o cassetta	ivi
230. Del telarino o castello per la tramoggia, e della vite o verricello regolatore	387
231. Pilastri o ponticello. — Tornello o grue	388
232. Appendice o mastatojo	389
233. Della botte o corbello	ivi
Cap. XIV. <i>Del frullante e suoi accessori</i>	391
§ 234. Assunto	ivi
235. Del cassone	ivi
236. Della madia	392
237. Burattello	393
238. Disposizione dei piccoli frulloni alla tedesca	394
239. Disposizione dei grandi frulloni alla tedesca	396
240. Buratto e forcilla, od a movimento succustorio	397
241. Naso tricuspidale	ivi
242. Stacciatore	399
243. Vagliatore in sussidio al buratto	400
244. Frulloni cilindrici	401
245. Frulloni a spazzole od all'inglese	402
246. Osservazioni relative al trasudamento del cassone del buratto	404
Cap. XV. <i>Considerazioni sulla situazione e struttura di un fabbricato da mulini</i>	406
§ 247. Osservazioni preliminari	ivi
248. Se convenga l'abitazione del mulino aggregarla all'edificio in cui si macina	ivi
249. La fabbrica del mulino sarà meglio di opera murale o di legname?	409
250. Ampiezza di un mulino	411
251. Situazione della fabbrica	412

§ 252. Elevazione o livello del pavimento	Pag. 413
253. Altezza o elevazione della fabbrica	" 415
254. Delle fondamenta	" 416
255. Palificazioni	" 417
256. Fondazione sopra pozzi murati e sulla sabbia	" 420
257. Profondità delle fondamenta	" 421
258. Groschezza delle fondamenta	" 423
259. Materiali per le fondamenta	" 424
260. Muri di contorno e di separazione	" 425
261. Delle pareti negli edifizj di legname	" ivi
262. Rivestimento delle pareti verso acqua	" 428
263. Soffitta e impalcature	" ivi
264. Tetto	" 430
265. Aperture e modo di ripararle	" 431
266. Pavimento generale dell'edificio	" 432
267. Pavimento della cava in cui gira lo scudo	" 433
268. Aspetto esteriore della fabbrica	" 434

CAP. XVI. Della macinatura e delle operazioni analoghe " 436

§ 269. Considerazioni preliminari	" ivi
270. Attrezzi che occorrono a macinare, e qualità dei grani che vengono d'ordinario macinati	" 437
271. Assortimento e mondatura del grano	" 439
272. Acciaccamento e perlatura del grano	" 440
273. Lavatura del frumento	" ivi
274. Conciatura del grano	" 441
275. Disposizione del mulino	" 442
276. Macinazione del frumento	" 444
277. Macinazione della segale e del grano turco	" 446
278. Prodotto della macinazione di diversi grani, e mulenda, e compenso al mulajo	" ivi
279. Tentennella	" 449
280. Auzzatura	" 451
281. Altre operazioni relative alla macinazione	" 454
282. Ordine e pulitezza nei mulini	" ivi
283. Numero dei lavoranti necessari in un mulino	" 456

CAP. XVII. Dei principali risarcimenti e delle opere di manutenzione che occorrono ai mulini " 458

§ 284. Osservazioni preliminari	" ivi
285. Sostituzione di palmette nelle ruote idrauliche	" ivi
286. Rinzeppatura dei perni	" 460
287. Modo d'impedire l'allentamento dei perni. — Ripristino dei pulvini	" 461
288. Abbassamento dei panconi d'appoggio e della tramoggia	" 462
289. Profondamento dell'incavatura della narice	" ivi

§ 290. Rinnovazione delle macini	Pag. 463
291. Orizzontamento della narice	464
292. Cambio dei fusi	465
293. Ripristino dei denti delle ruote	466
294. Di altre cautele da averci dal mugnaio nell'esercizio del mestiere per preservarsi dai pericoli che lo circondano	467
Cap. XVIII. <i>Del ghiaccio, sua dannosa influenza nei mulini, e difese analoghe</i>	468
§ 295. Danni che il ghiaccio apporta ai mulini	ivi
296. Distinzione delle diverse qualità di ghiaccio	ivi
297. Strumenti per dirompere, staccare e sgomberare il ghiaccio	471
298. Difese contro il ghiaccio — staccovati	ivi
299. Espurgazione della gola in autunno. — Piantate di salici. — Copertura delle piccole gore	472
300. Soglie postiche	473
301. Mezzi di proteggere le ruote dal freddo	475
302. Utilità delle sorgenti naturali per diminuire il ghiaccio	476
303. Risarcimenti da farsi in autunno a tutte le parti esterne del mulino	ivi
304. Sgombro dei ghiacci dai mulini ne' fiumi e da quelli con ampia gola	477
305. Governo e spurgo della gola nella stagione dei geli	478
306. Inconvenienti di due o più mulini situati nella stessa gola l'uno dopo l'altro	ivi
Cap. XIX. <i>Massime generali sul modo di valutare la spesa primitiva di una fabbrica</i>	480
§ 307. Assunto	ivi
308. Requisiti di uno stimatore	ivi
309. Particolari che corredano una stima	ivi
310. Delle parti in cui la stima si suddivide	481
311. Degli elementi che costituiscono il prezzo dei lavori	ivi
312. Valore dei materiali	482
313. Calo o consumo dei materiali	484
314. Mano d'opera e lavoratura	ivi
315. Spese accessorie	485
316. Bonifico a chi s'incarica dell'esecuzione di una fabbrica	487
317. Stima della rendita e del fitto di un mulino	488

FINE DELL' INDICE DEL VOLUME PRIMO

TAVOLE ILLUSTRATIVE
DELL' ARCHITETTURA PRATICA DEI MULINI
DELL' INGEGNERE G. CADOLINI

DESCRIZIONE DELLE TAVOLE

Tavola

Figura

Rappresentazione

§§ dell'opera che vi corrispondono

I.	1.	Tipo generale di un ordinario mulino da macina, nella prefaz. a p. xxi	
	2.	Alzata e spaccato di una ruota per mulino da fiume . . . §	4
	3.	Unione a mezza coda di rondine della braccia colle palmette di una ruota	ivi
	4.	Unione delle ali alle braccia con piegatelli e stanhgette . . .	ivi
	5.	{ Viere snodate per l'unione delle braccia agli alberi . . .	ivi
	6.		
	7.	Prospetto e spaccato di una ruota a palmette sbarrate . . .	5
	8.	Simile di una ruota a tamburo	ivi
	9.	Profilo di un callone a piano inclinato.	ivi
	10.	Simile di un callone incurvato	ivi
	11.	Ruota con palmette piegate a gomito	ivi
	12.	Ruota sospesa o pensile	6
	13.	Profilo di una ruota caricata di fianco, con sua doccia . . .	7
	14.	Profilo di una ruota a cassette caricata alla sommità. . .	8
II.	15.	Prospetto e fianco di una ruota a corona.	9
	16.	Simile di una ruota stellata	ivi
	17.	Simile di una lanterna	ivi
	18.	Simile di una gabbia a lanternino	ivi
	19.	Simile di un asse dentato	ivi
	20.	Simile di una ruota a bischeri	ivi e 154
	21.	Tipo di un mulino semplice	10
	22.	Simile di un mulino con apparato a lanterna semplice orizzontale	11 e 49
	23.	Simile di un mulino con doppio apparato a lanterna . . .	
	24.	Pianta di altro mulino a doppio apparato	
III.	25.	Tipo di un simile mulino con apparato a lanterna semplice verticale.	14 al 21
	26.	{ Pianta e profilo di un ordinario mulino mosso da ruote a palmette § 82, 87	
	27.		
IV.	28.	Alzata di fianco del mulino con parziale spaccato dell'interno	220, 222
		sieme	224, 225
	28.	Prospetto di facciata con parziale spaccato de' muri dell'edificio	226, 228
			230, 231
			234, 235
V.	29.	Spaccato completo sulla direzione dell'asse del mulino . . .	237, 238
VI.	30.	Profilo di una ruota a doccia piana	37
	31.	Simile di una ruota a doccia curva	ivi
	32.	Compartimento della caduta di una doccia per due ruote alla sfilata	37
	33.	Simile per tre ruote	36
	34.	{ Disposizione di una doccia con due ruote alla sfilata, supposte in diverse condizioni particolari	38
	35.		39
	36.		40
	37.		41

Tavola	Figura	Rappresentazione	§§ dell'opera che vi corrispondono
VII.	38.	Rapporto tra le rivoluzioni ed il numero dei denti di due ruote ingrananti	§ 49
	39.	Sistema binato di ruote ingrananti	" 49
	40.	Metodo di trovare il diametro delle piccole ruote	" 56
	41 al 58.	Doccia piana contestata di legnami, e sue parti	"
	41.	Profilo	} della doccia " 73, 74 e 87
	42.	Pianta	
	43.	Alzata	
VIII.	44 al 58.	Sviluppo ed unione delle diverse membrature della doccia	"
	44.	Collegamento delle ali colle sponde laterali	} " 74
	45.	Unione dell'architrave coi ritti	
	46.	Palancato sotto l'architrave	
	47.	Unione degli architravi coi pali	
	48.	Unione della briglia col palancato	
	49.	Spaccato della sponda laterale e d'una porzione del fondo	} " 76
	50.	Collegamento degli stivi col palancato e colle pareti di spalla e di tramezza	
	51.	Unione della soglia col palancato e cogli stivi § 87	
	52.	{ Sezioni della soglia . . . § 87	
	53.		
	54.	Indentatura degli stivi colla soglia e col cappello	} " 79
	55.	Sezione del cappello e del verricello colla sua ruota a grilletto § 72	
	56.	Paratoja colle sue ferramenta	
	57.	Spaccato di un sistema combinato di docce e risciacquatojo	" 79
	58.	Pianta di una porzione di chiavica all'imboccatura	ivi
IX.	59.	Congiunzione di una testata co' suoi ritti e coste	} " 82
	60.	Sviluppo della testata	
	61.	Sviluppo di una costa	
	62.	Profilo di un'arcatura con gradino al piede	} " 83
	63.	Profilo di una doccia parte a piano inclinato e parte arcuata	
	64.	Tracciamento della curva al labbro della soglia secondo il Neumann	ivi
	65.	Incastri di una paratoja obliqua	} " 84
	66.	Unione dei rialti cogli incastri suddetti	
	67.	Paratoja con particolare armatura	
	68.	Simile a doppio tirante	} " 85
	69.	Paratoje inclinate applicabili a docce piane	
	70.	Unione del cappello e degli incastri colle pareti della doccia	
	71.	Sviluppo degli incastri colla loro copertura	"
X.	72.	{ Diverse combinazioni della soglia della chiavica coi membri adiacenti	} " 87
	73.		
	74.		
	75.	{	} " 88
	76.		
	77.	Esempio di una soglia discontinua	"

Tavola	Figura	Rappresentazione	§§ dell'opera che vi corrispondono
XI.	78.	Quattro banchi di struttura diversa, per la fabbricazione delle ruote	S 93
	79.		
	80.		
	81.		
	82.		
	83.	Compasso da ruote	S 94
	84.	Simile a scorsojo per variarne l'ampiezza	
	85.	Compasso per la distribuzione dei quarti	S 95
	86.	Frammento di corona a quarti formati d'asse congiunte in doppio	
	87.	Simile con quarti d'asse in triplo	S 96
88.	Metodo di tagliare i quarti avuto riguardo alla direzione delle fibre del legno		
89.	Data la larghezza di una tavola determinare col calcolo il numero dei quarti	S 96	
90.	Applicazione pratica al problema antecedente		
XII.	90.	Esempj di unione delle giunture dei quarti delle ruote idrauliche	S 99
	91.		
	92.	Simile per quelli delle ruote dentate e delle lanterne	S 99
	93.		
	94.		
	95.	Diverse regole pratiche per determinare la lunghezza dei quarti delle ruote	S 100
	96.		
	97.	Tracciamento grafico di un quarto	S 101
	98.		
	99.	Disposizione dei quarti per ridurli alle forme indicate	S 101
	100.		
	101.		
	102.	Campione di un quarto compito	S 102
	103.	Metodo economico di delineare i quarti quando il legname sia sano	
	104.	Metodo di ricavare i quarti da una tavola difettosa	S 102
105.	Quarti ricavati dal pancone tracciato col metodo economico		
XIII.	106.	Indicazione delle successive operazioni colle quali si ottiene la completa congiunzione di una corona a quarti	S 125
	107.		
	108.	Corona completa	S 125
	109.		
	110.	Altro metodo per la congiunzione dei quarti	S 106
	111.		
	112.	Inconvenienti dei quarti uniti con metodi difettosi	S 106
	113.		
	114.	Morsetta o grappa di legno	S 106
	115.		
	116.	Simili di ferro	S 106
	117.		
	118.	Modo di forzare i cunei tra le bocche delle morsette	S 107
	119.	Sergente a vite	
	120.	Distribuzione delle caviglie per l'unione dei quarti	S 107
	121.	Modano per lavorare le caviglie	
122.	Modo d'intrudere le zeppe nelle caviglie	S 107	
123.			
124.	Zeppa appuntata	S 107	
125.	Modo d'intruderla nelle caviglie		
126.	Zeppa romboidali e loro intrusione nelle caviglie	S 107	

Tavola	Figura	Rappresentazione	§§ dell'opera che vi corrispondono	
XIV.	127.	Foratojo per eseguire i buchi delle cavicchie a vite . . .	} § 106	
	128.	Disposizione di una cavicchia da tagliare a vite . . .		
	129.	Vite mezzo intagliata colla madre tuttora infilata . . .		
	130.	Vite compita . . .		
	131.	Maniera d'intrudere le cavicchie a vite . . .		
	132.	Spaccato di due quarti commessi con caviglie a vite . . .		
	133.	Unione a croce delle braccia di una ruota.		
	134.	Delineamento delle braccia disunite		
	135.	Foratura dell'albero in cui vanno intruse le braccia delle ruote		
	136.	Spaccato analogo		
	137.	Congiunzione delle tre braccia di una ruota a stella		
	138.	Delineamento delle braccia disunite	} " 107	
	139.	Sviluppo di una metà del contorno dell'albero		
	140.	Altro metodo di congiunzione diverso dal precedente		
	141.	Combinazione delle braccia dette <i>all'olandese</i>		
XV.	142.	} Varia direzione delle palmette secondo la velocità delle correnti e la disposizione delle docce	} " 109	
	143.			
	144.			
	145.	Metodo di Neumann per determinare la direzione delle palmette essendo la doccia arcuata § 122		
	146.	} Tracciamenti analoghi al metodo stesso		
	147.			
	148.			
	149.	} Indicazione del modo con cui si introduce l'acqua nelle ruote di fianco		
	150.			
	151.	} Dimostrazione dei fenomeni che si osservano nel caricarsi delle ruote a cassette		
	152.			
	153.	} Difetti delle palmette diritte, o poco ripiegate nelle ruote con docce a grande arcatura		
	154.			
	155.	Ruota senza corona con cerchiatura addoppiata		
	156.	Compartimento di una cerchiatura	} " 117	
	157.	Squadra, segnatojo e graffietto per riportare sul dorso della cerchiatura le divisioni del fianco §§ 121, 130, 134		
	158.	Taglio degli incavi delle cerchiature per le code delle palmette	} " 118	
	159.	Modo di applicare e assicurare le palmette alla cerchiatura		
XVI.	163.	} Unione delle braccia colla cerchiatura della ruota	} " 119	
	164.			
	165.			
	166.	Rinforzo della cerchiatura		
	167.	Metodo grafico per dividere in quattro una cerchiatura		
	168.	Quarto di una cerchiatura		
	169.	} Collegamento delle braccia alla cerchiatura		
	170.			
	171.	Unione dei quarti a semplice combaciamento.		
	172.	Simile a indentatura		} " 120
	173.	Unione delle palmette alla cerchiatura		
	174.	} Altri metodi più semplici per la stessa unione		
	175.			

Tavola	Figura	Rappresentazione	§§ dell'opera che vi corrispondono
XVI.	176.	Ruota idraulica con corona più stretta delle palmette . . .	} § 121
	177.	Corona disposta a ricevere le palmette . . .	
	178.	Incorsatojo per lasciare gli incastri delle palmette . . .	
	179.	Palmette a maschi tondi e prismatici . . .	
	180.	Modo di inserire le biette nei maschi delle palmette . . .	
XVII.	181.	Corona colle scanalature per le palmette ripiegate . . .	} " 122
	182.	Regola per segnare le dette scanalature. . .	
	183.	{ Campioni o stampi delle palmette ripiegate. . .	
	184.		
	185.	Disposizione delle scanalature sulle due corone contrap- poste . . .	
	186.	Unione delle due parti componenti una palmetta ripiegata . . .	
	187.	Loro collegamento cogli anelli . . .	
	188.	Simile collegamento col fondo . . .	
	189.	Unione delle braccia agli anelli nelle ruote con palmette diritte. . .	
	190.	Sistema di contro-spalle all'olandese . . .	
	191.	Unione delle braccia con cartellette e viti . . .	
	192.	{ Simile con cavalletti. . .	
	193.		
	194.	Simile con braccia a T . . .	
195.	Simile per le ruote a cassette e di fianco . . .		
196.	{ Combinazioni di braccia all'olandese per una ruota molto alta . . .		
197.			
198.	Simile di braccia infilate nell'albero . . .		
XVIII.	199.	Pianta di sopra e di sotto di una ruota dentata a corona . . .	" 127
	200.	Particolari di costruzione di simili ruote . . .	" 128
	201.	Apparato per la foratura delle imposte dei denti . . .	" 129
	202.	Altri particolari relativi alla costruzione delle suddette ruote . . .	" 129
	203.	Simile per ruote a denti con coda piatta . . .	" 130
	204.	Simile per ruote a denti con coda affusata . . .	" 130
	205.	Tracciamento per una ruota a doppia dentatura . . .	" 131
XIX.	206.	Collegamento delle braccia nelle ruote a corona. . .	} " 132
	207.	Braccia a stella . . .	
	208.	Braccia incrociate . . .	
	209.	Braccia all'olandese nelle ruote colla corona a quattro pezzi . . .	
	210.	Simili in quelle a sei pezzi . . .	
	211.	{ Corrispondenza delle braccia coi denti . . .	
	212.		
	213.	{ Braccia rinforzate con saette . . .	
	214.		
	215.	Fianco e prospetto di una ruota stellata . . .	
	216.	Metodo difettoso d'incastare i denti nei quarti . . .	
	217.	Linea di contatto dei denti coi fusi . . .	
	218.	{ Metodo di segnare il comparto dei denti e di praticare gli incavi . . .	
	219.		
220.			
XX.	221.	Altro metodo d'inserire i denti nelle ruote a stella . . .	" 135
	222.	Ruote a stella a dentatura doppia. . .	" 136

Tavola	Figura	Rappresentazione	SS dell'opera che vi corrispondono	
XX.	223.	Ruote stellate a denti larghi col setto degli incastrî fram-	} S 137	
	224.	mezzo		
	225.	Sviluppo delle operazioni che conducono alla perfetta		
	226.	compaginazione delle ruote		
	227.	Rinforzi alle articolazioni con leghe e allacciature di di-		
	228.			versa configurazione
	229.			
	230.			
	231.	Collegamento delle ruote a stella orizzontali		} = 139, 140
	232.	Intrusione dei denti a muta nelle lunette e negli arcadi		
	233.	Diverse maniere di congegnare le braccia ai quarti delle	} = 140 e 147	
	234.			ruote stellate
	235.			
	236.			
	237.			
XXI.	238.	Prospetto e fianco di una lanterna	= 141, 144	
	239.	Determinazione grafica della sporgenza dei fusi	= 142	
	240.	Costruzione effettiva di una lanterna	= 143	
	241.	Diverse maniere di unire le braccia ai dischi	} = 144	
	242.			
	243.			
	244.	Rinforzo delle rotelle con sbarri e chiavarde	= 145, 148	
	245.	Lanterna con cerchiatura di ferro	} = 146	
	246.			Tracciamento e comparto dei fusi
	247.	Altra foggia di lanterna	} = 147	
	248.	Speciale configurazione di una lanterna che imbocca con		
	249.	una ruota a corona		
	250.	Particolare struttura di una lanterna che imbocca con	} = 147	
		una ruota a stella		
XXII.	251.	Lanterne di diversa struttura secondo la forma dell'albero	} = 148	
	252.			a cui vanno montate
	253.			
	254.			
	255.	Piante, alzata e spaccato di un rocchetto a nove fuselle	} = 149, 150	
	256.	Profilo di una rotella di particolare struttura		
	257.	Metodo di calzare le viere alle rotelle		
	258.	Tracciamento e comparto delle fuselle	} = 150	
	259.	Profilo di una rotella abbozzata		
	260.	Struttura de' maschi delle fuselle		
	261.	Regolatore o registro per imbiettare i fusi	} = 151	
	262.			Pianta delle teste dei fusi imbiettati sulle diagonali
	263.			Conca o ciotola di legno per conservarvi la pasta
	264.	Rocchetto angolare o conico	} = 151	
	265.	Tracciamento grafico della circonferenza primitiva delle		
	266.	due rotelle di un rocchetto conico		
	267.	Figura dei maschi nei fusi dei rocchetti conici	} = 151	
	268.	Configurazione dei denti di una ruota a corona, quando il		
	269.	rocchetto sia molto affusato		
		Corona a denti arrotondati per l'ingranaggio dei rocchetti		
		conici		

<i>Tavola</i>	<i>Figura</i>	<i>Rappresentazione</i>	<i>§§ dell'opera che vi corrispondono</i>
XXII.	270. } 271. } 272. } 273. } 274. } 275. } 276. } 277. }	Delineamento grafico della curvatura laterale dei denti. Modello di un dente per una ruota a corona accoppiata ad un rocchetto conico. Spaccato e prospetto di un asse dentato. Metodo di costruzione dell'asse dentato. Modello di denti di forma difettosa. Divisione dei rocchetti pel caso di ruote con denti difettosi. Fusi cilindrici con spigolo esterno.	152 153 155 e 171 171
XXIII.	278. } 279. } 280. } 281. } 282. } 283. } 284. } 285. } 286 alla 290. } 291 alla 294. }	Tracciamento dei denti di una ruota a stella che ingrana con una lanterna. Simile per le ruote a corona. Diversi metodi di compartire i rocchi per la lavorazione dei denti. Progressive operazioni per il confezionamento di un dente. Calibratoj e regolatori per lavorare i denti con esattezza.	171 172 173
XXIV.	295. } 296. } 297. } 298. } 299. } 300. } 301. } 302. } 303. } 304. }	Dente ridotto col taglio e colla pialla. Metodo per lavorare i denti a sbisco. Graffietto o segnatojo per tracciare la grossezza della radice del dente. Operazioni tendenti a perfezionare il dente. Direzione più conveniente del ferro della pialla, secondo la durezza delle sostanze da lavorare. Particolare struttura della radice dei denti delle ruote a corona. Prospetto di una ruota a stella ed a corona. Profilo di una ruota alla Poncelet. Tracciamento delle varie parti di una ruota a cassetta.	173 175 176 111 114
XXV.	305. } 306. } 307. } 308. }	Tracciamento dei denti di una ruota a stella che ingrana con un rocchetto. Tracciamento dei denti a doppia curvatura per le ruote a corona che ingranano con un'asta dentata. Metodo grafico di tracciare la cicloide.	171 156
XXVI.	309 alla 314. } 315. } 316. } 317. } 318. } 319. } 320. }	Tracciamento di un dente a curve cicloidalì. Generazione dell'epicicloide. Tracciamento grafico di questa curva. Tracciamento di un dente a curve epicicloidalì. Esempio analogo. Esempio di ruote ingrananti a denti circolari.	157 e 158 159 160 e 163 164 166
XXVII.	321 alla 324. } 325 alla 328. } 329. }	Processo per ridurre un albero alla forma di un prisma poliedrico di 18 lati. Simile per ridurlo ad otto lati. Aspo della funicella e vasetto della tintura de' regolatori.	181 ivi

10				
<i>Tavola</i>	<i>Figura</i>	<i>Rappresentazione</i>	<i>§§ dell'opera che vi corrispondono</i>	
XXVII.	330. } 331. } 332. } 333. } 334. } 335. }	Tettoje artificiali per ricovero dei legnami da stagionare. § Metodo per tracciare i fori negli alberi onde inscrivervi le braccia Profili di un albero forato in croce	182 183	
XXVIII.	336 alla 340.	Diverse specie di calastrelli e cavalletti per sostegno dei pulvini delle ruote	190	
XXIX.	341. } 342. } 343. } 344. } 345 alla 348. } 349. } 350. } 351. } 352. } 353. } 354. } 355. } 356. } 357. } 358. } 359. } 360. } 361. } 362. } 363. } 364. } 365. } 366. } 367. } 368. } 369. } 370. }	Metodo per congiungere agli alberi le braccia dette all'o- landese Collo usale di un albero Collo difettoso Successive operazioni per ridurre un albero in forma di un prisma ottangolare Modelli per lavorare l'albero in curva Pernio a rampino diritto colla testa cilindrica Simile a rampino incurvato Simile a pala Simile a rampino diritto colla testa a cono Simile a T Perno con radice a punta trattenuto da viti laterali Simili senza viti Modo di inserire i perni a squadra Rinzeppatura del perno Modo d'introdurre i perni a pala e di calzarli Collare per appoggio dei perni nei punti intermedi Relazione che deve avere il perno colle fibre del pulvino di legno Limite della infossatura dei pulvini Pulvino metallico economico Modo di usarne quando sia molto consunto	184 185 186 187 188 189 191	
XXX.	371. } 372. } 373. } 374. } 375. } 376 alla 379. } 380 alla 397. }	Modelli di alberi di ghisa di figura cilindrica e cavi Boccola di metallo da incassare nel legno Simile con appendice e finestrelle Pulvini metallici aperti, di diversa struttura Simili chiusi	177 192	
XXXI.	398 alla 415.	Giunture, o articolazioni d'alberi di diversa foggia	193 al 196	
XXXII.	416 alla 441.	Apparati di attacco e distacco di varia struttura	198, 199	
XXXIII.	442. } 443. } 444. } 445. } 446. }	Piccone a doppia punta } Martellina } Mazza a punta di diamante } Conformazione del manico dei suddetti stromenti. } Macina lavorata col metodo tedesco	207	

Tavola	Figura	Rappresentazione	§§ dell'opera che vi corrispondono
XXXIII.	447	al 456. Successione delle operazioni necessarie per dare ad una macina la configurazione usuale	§ 208
XXXIV.	457.	Pianta, fianco e spaccato di una martellina, o narice . . .	
	458.	Profilo di una narice di altra struttura	
	459.	Palo da macina	
	460.	Cassetta o lucerna, con sua ralla	209
	461.	}	
	462.	Ralle di diversa struttura	
	463.	}	
	464.	Ralla a due incavature	
	465	alla 470. Indicazione delle diverse manovre per assestare o bilicare il palo	
	471.	Compasso da macini	210
XXXV.	472.	Regolo per misurare la profondità dell'incavatura della narice	
	473.	Auzzatura alla prussiana	
	474.	}	
	475.	Simile usata nella Slesia	
	476.	}	
	477.	Tracciamento delle striature in curva, tagliata dal raggio sotto la direzione costante di 30 gradi	
	478.	Modello corrispondente	211
	479.	Tracciamento delle striature colla condizione che l'intersezione sia di 15 gradi	
	480.	Simile colla condizione che l'intersezione succeda sotto un angolo di 45 gradi	
	481.	Dimostrazione della spirale logaritmica	
	482.	Costruzione di un modello analogo	
	483.	Pianta di un bossolotto, o guaina	
	484.	Spaccato di un bossolotto	
	485.	Bossolotto a crini	
	486	alla 489. Bossolotti metallici di varia struttura	216
	490.	} Modo d'innestare nel bossolotto di legno le incassature	
	491.	} metalliche, e loro diverse figure	
	492.	}	
	493.	Bossolotto con laminette metalliche	
	494.	Mola ricinta con cerchi di ferro	218
	495.	Configurazione delle macini secondo Belidoro	219
XXXVI.	496.	Macina lavorata col metodo milanese	207
	497.	}	
	498.	Macini solcate col metodo adottato in Inghilterra . . .	
	499.	Altri metodi di auzzatura	211
	500.	Macina con solchi a curva secondo il metodo di Dransy . .	
	501.	Fori e gole delle macini per attrarre il grano nell'occhio .	
	502	alla 505. Narici all'olandese di diversa struttura	209
	506.	Altra maniera di solcare le macini col metodo inglese . .	211
	507.	Regola di Evans per tracciare i solchi all'americana . .	
	508.	}	
	509.	Altro metodo d'impostare la corritoja sul palo	210 e 217
	510.	Auzzatura all'americana, e grue per sollevare le macini . }	211
	511.	Forma dell'incavatura dei solchi vista in profilo	

Tavola	Figura	Rappresentazione	§§ dell'Opera che vi corrispondono	
XXXVII.	512.	Leve di ferro e stanghe	} S 217	
	513.	Scalino per poggiarvi le mole		
	514.	Cavalletto per sorreggere le pietre erette sulle faccie piane		
	515.	Pianta superiore di un ponte da macini		
			" 220, 235 e 226	
	516.	{ Metodi di concatenare il fondamento del palco coll'alzata	" 223	
	517.			
	518.	Unione dei traversoni cogli scanni del palco	} " 223	
	519.	{ Unione delle colonne agli scanni		
	520.			
	521.			
XXXVIII.	522.	{ Collegamento dei ritti colle cosce del palco	" 223 e 225	
	523.			
	524.	Il rinforzo con saette agli angoli dei ritti del palco	" 224	
	525.	Asta di ferro con cui è collegata la testa della leva al manubrio		
	526.	Congegno per registrare le mole		
	527.	Pianta spaccato e fianco della panchina appostata nei panconi		
	528.	Parapetto del palco delle macini	" 225	
	529.	alla 532. Corniciatura del parapetto		
	533.	{ Composizione dell'intavolato del palco, a canaletto e linguetta ed a maschio intruso		
	534.			
	535.	Finestrella per lo sfogo della farina		
XXXIX.	536.	Membri componenti l'intelaiatura della macina dormiente	" 226	
	537.	Modo di assicurare l'intelaiatura all'intavolato del palco		
	538.	Altro metodo di congegnare i palchi con maggiore fermezza		
	539.	Incrociatura per rendere più stabili i palchi alquanto elevati		
	540.	Disposizione de' panconi del tavolato ne' palchi di qualche larghezza	" 227	
	541.	Altro metodo di collegare i ritti del palco		
LX.	542.	Pianta superiore e fianco d'una tramoggia	" 229	
	543.	Pianta, prospetto e fianco del coppo, o cassetto corrispondente		
	544.	Modo di unire i coreggiuoli al coppo		
	545.	Anelletto ad un solo bitorzolo per scuotere la tentennella		
	546.	Simile a doppio bitorzolo	" 230	
	547.	Molla attaccata al tavolato per tenere la tentennella aderente all'anello		
	548.	Simile annessa alla tramoggia		
	549.	Membri che compongono il telarino o castelletto della tramoggia		
	550.	Verricello per alzare ed abbassare la tramoggia	" 231	
	551.	Congegno a vite per l'uso suindicato		
	552.	Collegamento dei pilastri del parapetto al palco delle macini		
	553.	Relative membrature disunite		
	554.	Torniello, o grue della tramoggia	" 231	
	555.	Simile munito di pernio e ralla		
	556.	Tramoggia appesa al braccio della grue		

Tavola	Figura	Rappresentazione	di dell'opera che vi corrispondono
XL.	557.	Membri di un mestatojo delineato separatamente.	} § 230 e 232
	558.	Verricello coi pali appoggiati agli staggi del telarino	
	559.	Unione delle doghe di un corbello con piuoli	} " 233
	560.	Alzata di un corbello, o botte compita	
XLI.	561.	Veduta anteriore del palco	} " 235
	562 alla 565.	Diverse pareti del frullone espresse separatamente	
	566.	Collegamento delle gambe anteriori alle posteriori per maggiore fermezza	
	567.	Coperto del frullone.	} " 236
	568 alla 571.	Prospetto, fianco e spaccati del frullone con sua macchina per raccogliervi l'abburattato	
	572.	Carcassa, o forma del burattello	
	573.	Anello per la testa anteriore del burattello	} " 237
	574.	Simile per la posteriore	
	575.	Modo di unire il burattello alla finestra del parapetto del palco	
	576.	Coregge costituenti le costole del burattello	} " 238
	577.	Unione delle orecchiette	
	578.	Banchetto per montare le stamigne al burattello	
LXII.	579.	Cilindretto del frullone ridotto in grande	} " 238
	580.	Appoggio dei perni del cilindretto colla staffa corrispondente	
	581.	Fusolo con suo bracciolo e calcagnetto. . . . .		} " 238
	582.	Travetta o piccolo registro	
	583.	Sviluppo parziale di uno degli appoggi colle sue fasciature di ferro	
	584.	Ralla per il perno inferiore del fusolo	} " 239
	585.	} Pianta, fianco e prospetto del frullone alla tedesca	
	586.		
	587.		
	588.	Sviluppo delle parti individue del meccanismo del frullone	} " 240
	589.	} Pianta ed elevazione del buratto a forcilla	
	590.		
	591.	Molla che respinge il calcagnetto del frullone.	} " 241
	592.	} Modi d'inserire i nasi nelle rotelle del rocchetto	
	593.		
	594.		
	595.	} Triangoli per scuotere il calcagnetto	} " 241
	596.		
	597.	Metodo grafico per segnare il contorno dei triangoli	} " 242
	598.	Modo di serrare con biette il triangolo al rocchetto	
XLIII.	599.	Sviluppi di uno stacciatore	} " 242
	600.	} Diversi apparati per scuotere lo stacciatore	
	601.		
	602.	} Pianta ed alzato di un ordigno adoperato in Islesia a luogo del buratto e dello stacciatore	} " 243
	603.		
	604.	Sezione orizzontale del vagliatore	} " 243
	605.	} Vagliatori di diversa struttura.	
	606.		
	607.	Sviluppo in isola grande del mulinello verticale.	} " 244
	608.	Modo di raccogliere e deviare lo stillicidio del frullone	
	609.	} Trombe o canne per dar esito all'umidore del buratto	
	610.		

<i>Tavola</i>	<i>Figura</i>	<i>Rappresentazione</i>	<i>§§ dell'opera che vi corrispondono</i>
XLIV.	611. } 612. } 613. }	Alzate e spaccato di un frullone cilindrico	} 245
	614. } 615. } 616. } 617. } 618. }	Spaccato trasversale delle spazzole Modo di inserire le setole delle spazzole Taglio degli oggetti rappresentati dalla fig. 614 Fila di finocchi di setole vedute per il lungo Alzata della testa del carcasse del cilindro	
	619. }	Spaccato e fianco del cilindro	
XLV.	620. } 621. }	Ripari all'esterno dei muri per impedire l'infiltrazione dell'acqua	} 252
	622. }	Zatterone e palancato per maggiore fermezza e difesa del muro verso il canale	
	623. }	Muro rivestito di semplice palancato verso il canale	} 253, 254
	624. }	Palizzata per fondare sopra terreni molli e cuorosi	
	625. }	Concatenazione di una palizzata con uno zatterone	} 258
	626. }	Profilo di un fondamento a ritirato	
	627. }	Fondamento a due scarpe	
	628. }	Simile a scaglioni	
	629. }	Simile a riseghe	
XLVI.	630. }	Modificazioni del palco nel caso che i palmenti sieno collocati ad una delle pareti di frontespizio	261
	631. }	Combinazioni diverse dei travicelli de' solaj quando le pareti sono di legname	263
	632. }	Combinazioni diverse di intelajature per pareti di legname con riempitura di muro	261
	633. }	Artificio per poter rivestire le pareti murali	} 262
	634. }	Grappe per facilitare il distacco del rivestimento del muro	
	635. }	Disposizioni diverse de' travicelli dei solaj	263
	636. }	Artificio per impedire che l'acqua delle ruote sia portata dall'albero nell'interno del mulino	265
	637. }	Diverse maniere di armare il canaletto o truogolo in cui gira lo scudo per difenderlo dal contatto dell'acqua	267
XLVII.	647. }	Tenteunella, o svegliarino	} 279
	648. }	Sviluppo delle parti che la costituiscono	
	649. }	Altro artificio usato ne' mulini da perlare	} 280
	650. }	Modo di puntellare lo scudo per tenere fermo il mulino	
	651. }	Artifizj per poter rimettere facilmente le palmette alle ruote idrauliche	285
	652. }	Metodo usuale di rinzepare i perni negli alberi	286
	653. }	Coperto per difendere il perno dell'albero	287
	654. }	Modo di aggrappare le pietre	290
	655. }	Modo di librare le narici	291
	656. }	Apparato per ismontare il rocchetto dal palo	
XLVIII.	664. }	Dente logorato, e modo di riabilitarlo	} 292
	665. }		
	666. }		

<i>Tavola</i>	<i>Figura</i>	<i>Rappresentazione</i>	<i>§§ dell'opera che vi corrispondono</i>
XLVIII.	667.	} Scuri o accette per rompere i ghiacci	} S 297
	668.		
	669.		
	670.		
	671.		
	672.		
	673.	Treggiuoli	
	674.	} Stecconati di diversa foggia	" 298
	675.		
	676.		
	677.	} Trombe, o soglie posticce	" 300
	678.		
	679.	} Recinti per difendere le ruote dal rigore delle gelate	" 301
	680.		
	681.	Pianta e profilo di una gora gelata	" 305

FINE DELLA DESCRIZIONE DELLE TAVOLE DEL PRIMO VOLUME

11060

Fig. 1.

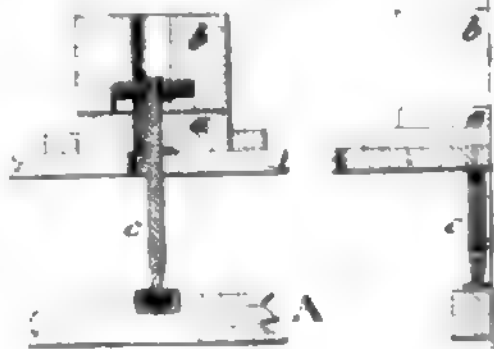


Fig. 4.

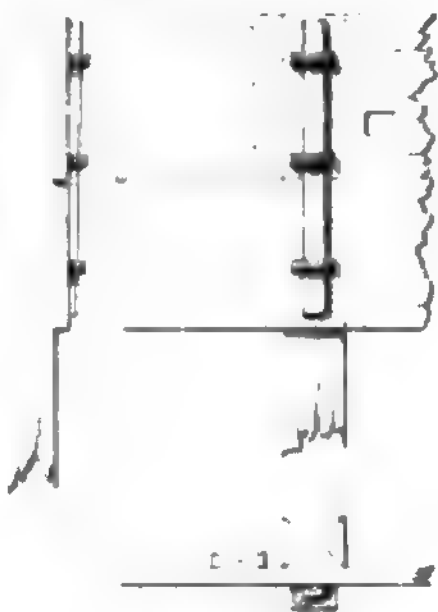


Fig. 5.



Fig. 6.



Fig. 13.

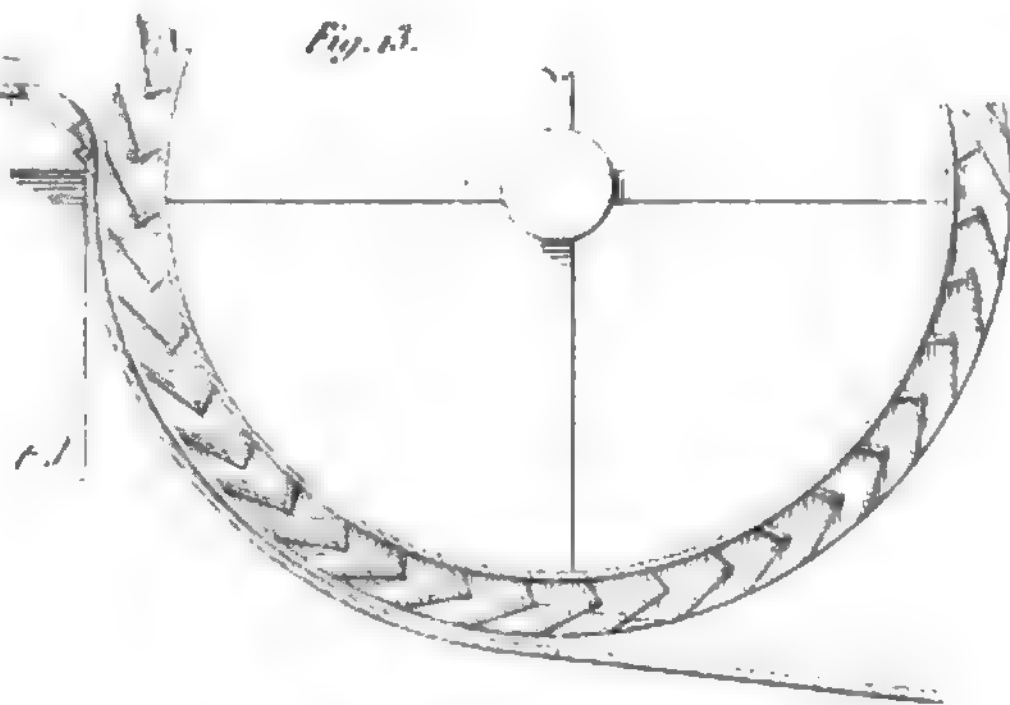


Fig. 10.

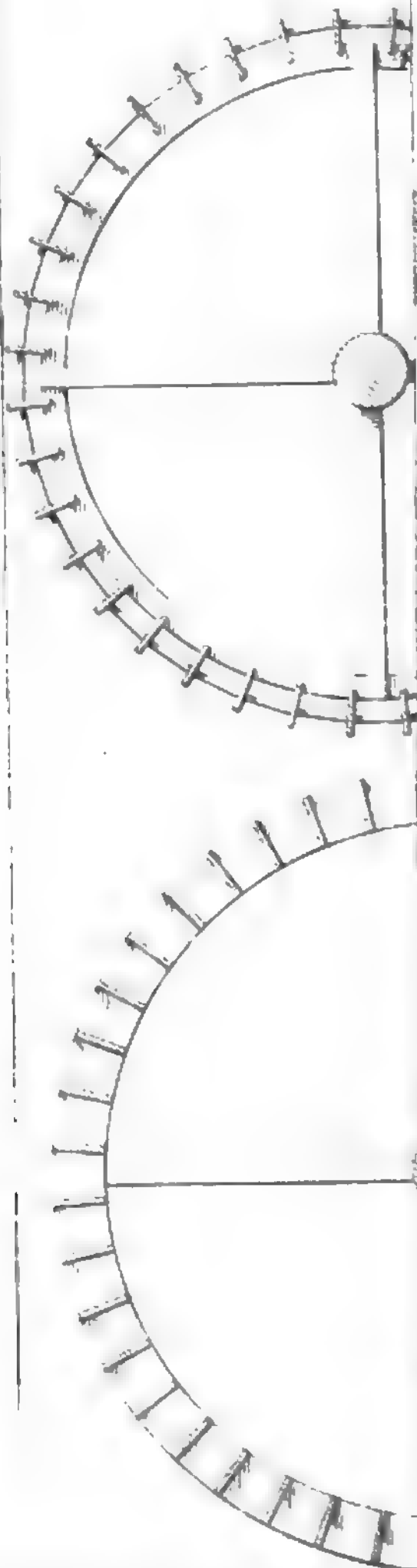
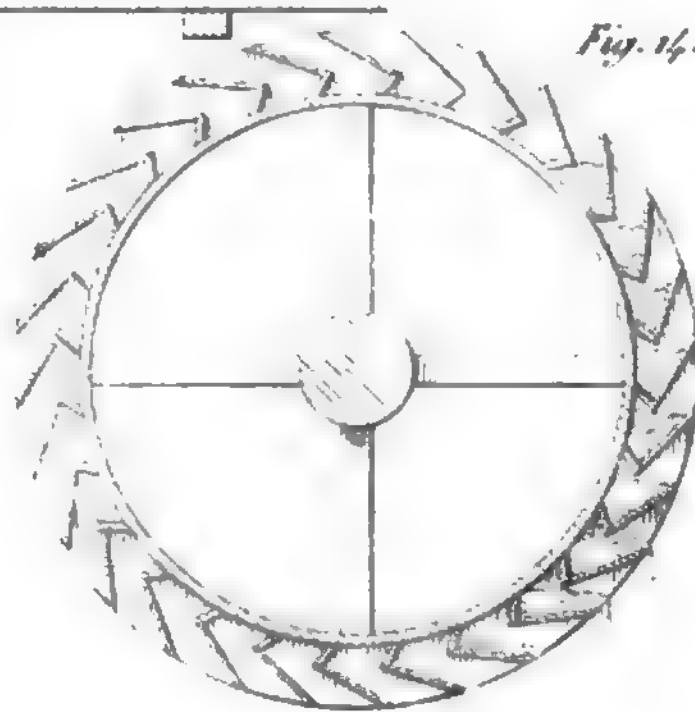


Fig. 14.



Scala di Metri

Per le fig. 1, 2, 7, 8, 11, 12, 13, e 14, il cui doppio serve per le fig. 3, 4, 5 e 6, e la metà per le fig. 9 e 10.

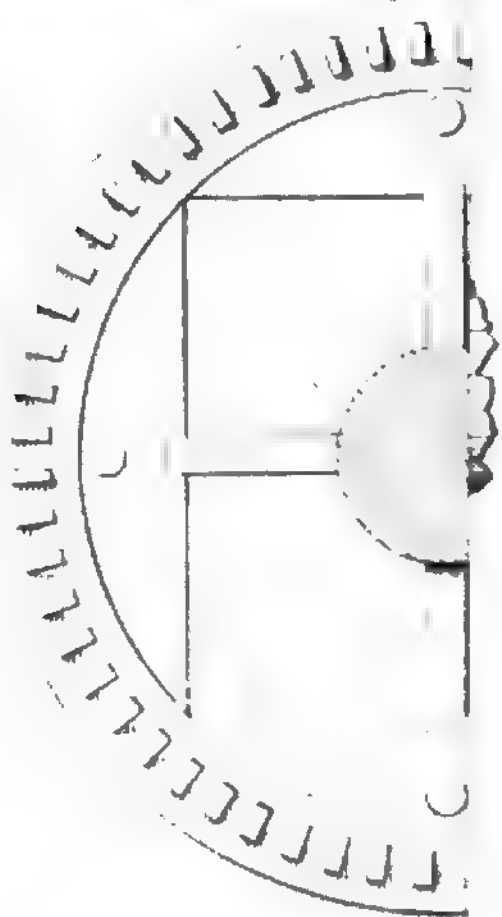


Fig. 18.

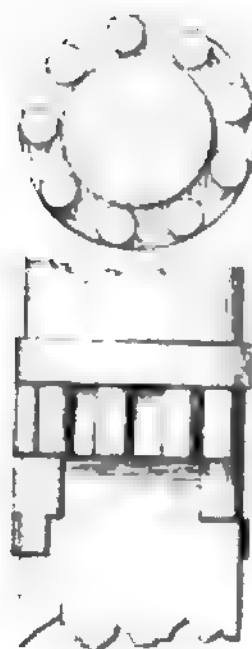


Fig. 19.

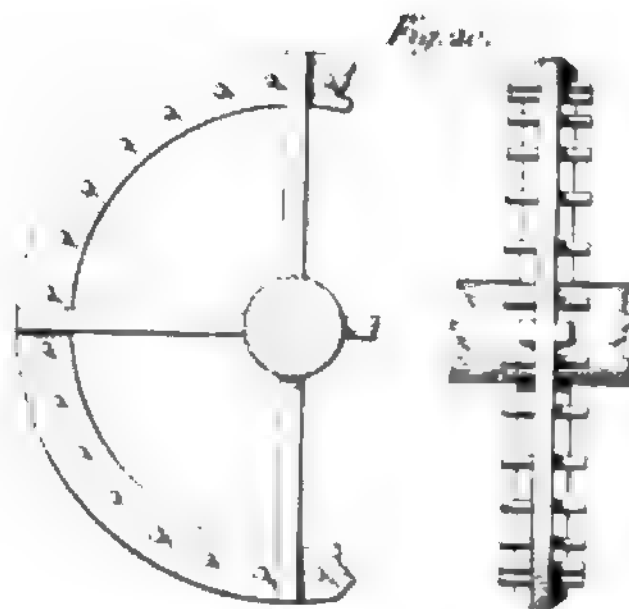


Fig. 20.

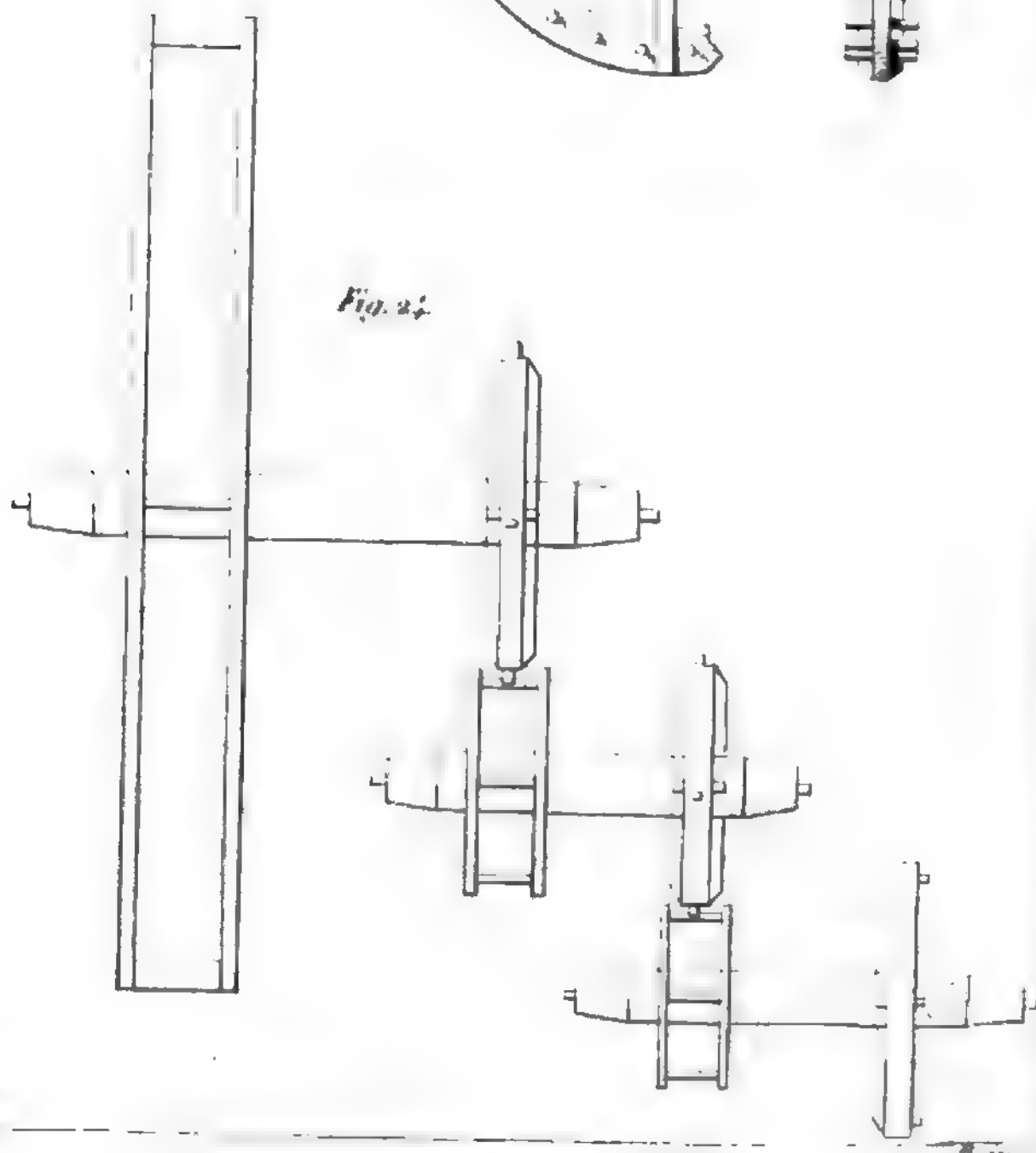
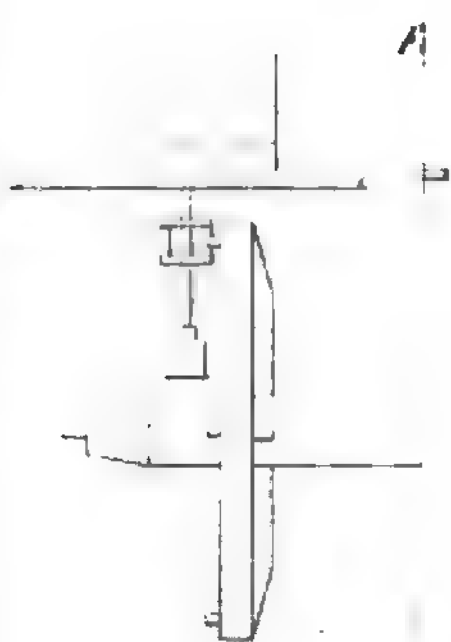
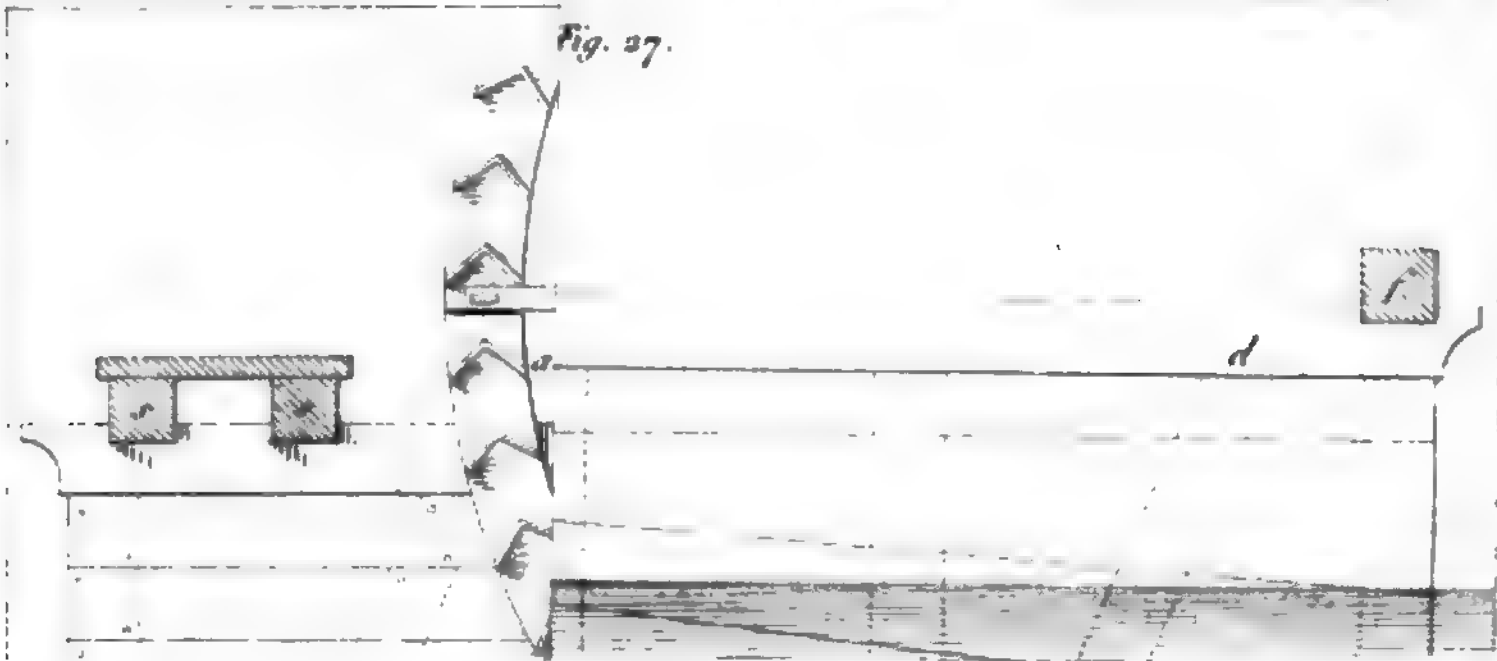


Fig. 21.



A

Fig. 27.



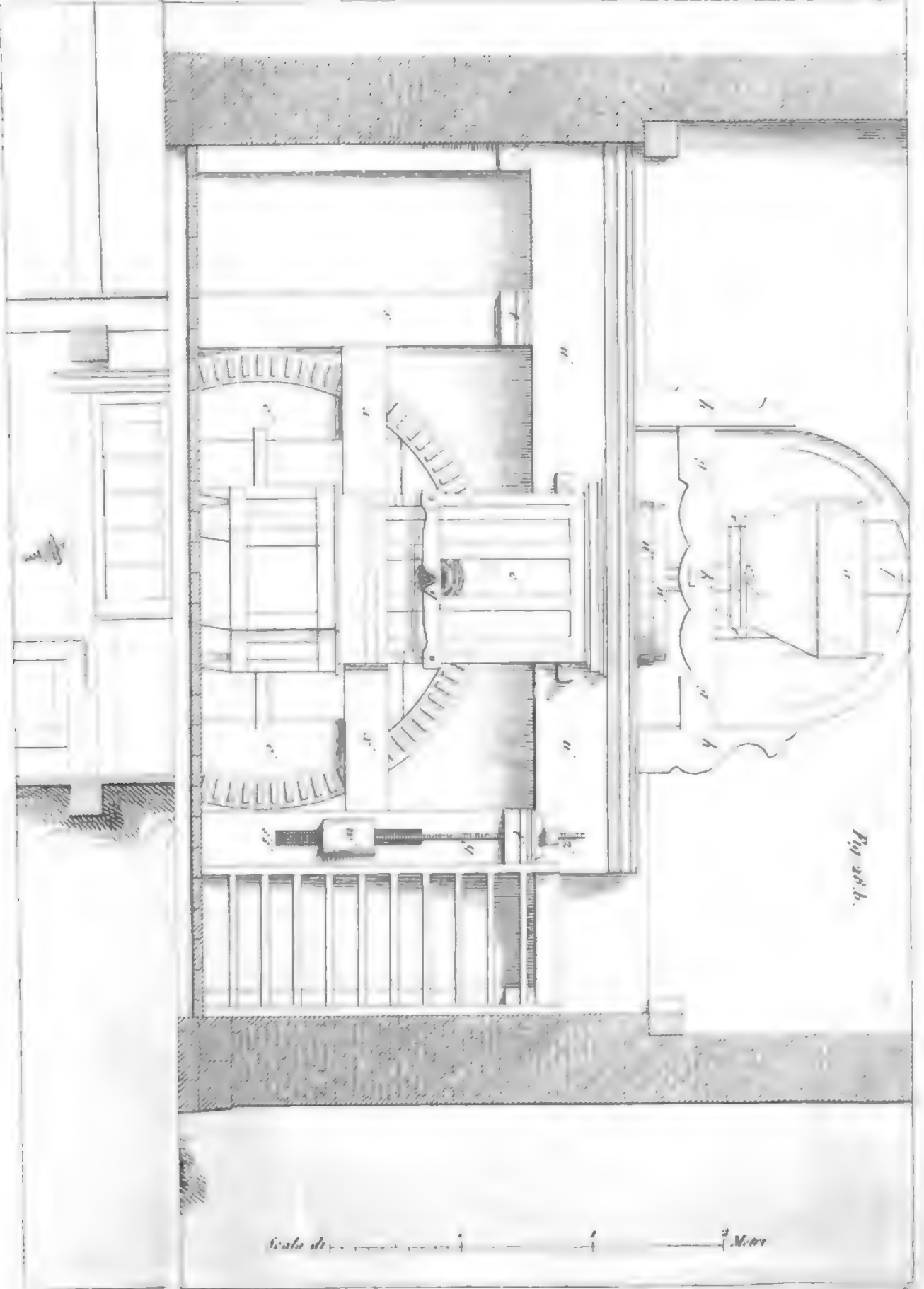


Fig. 26 b.

Scala di 2 Meters

Fig. 20

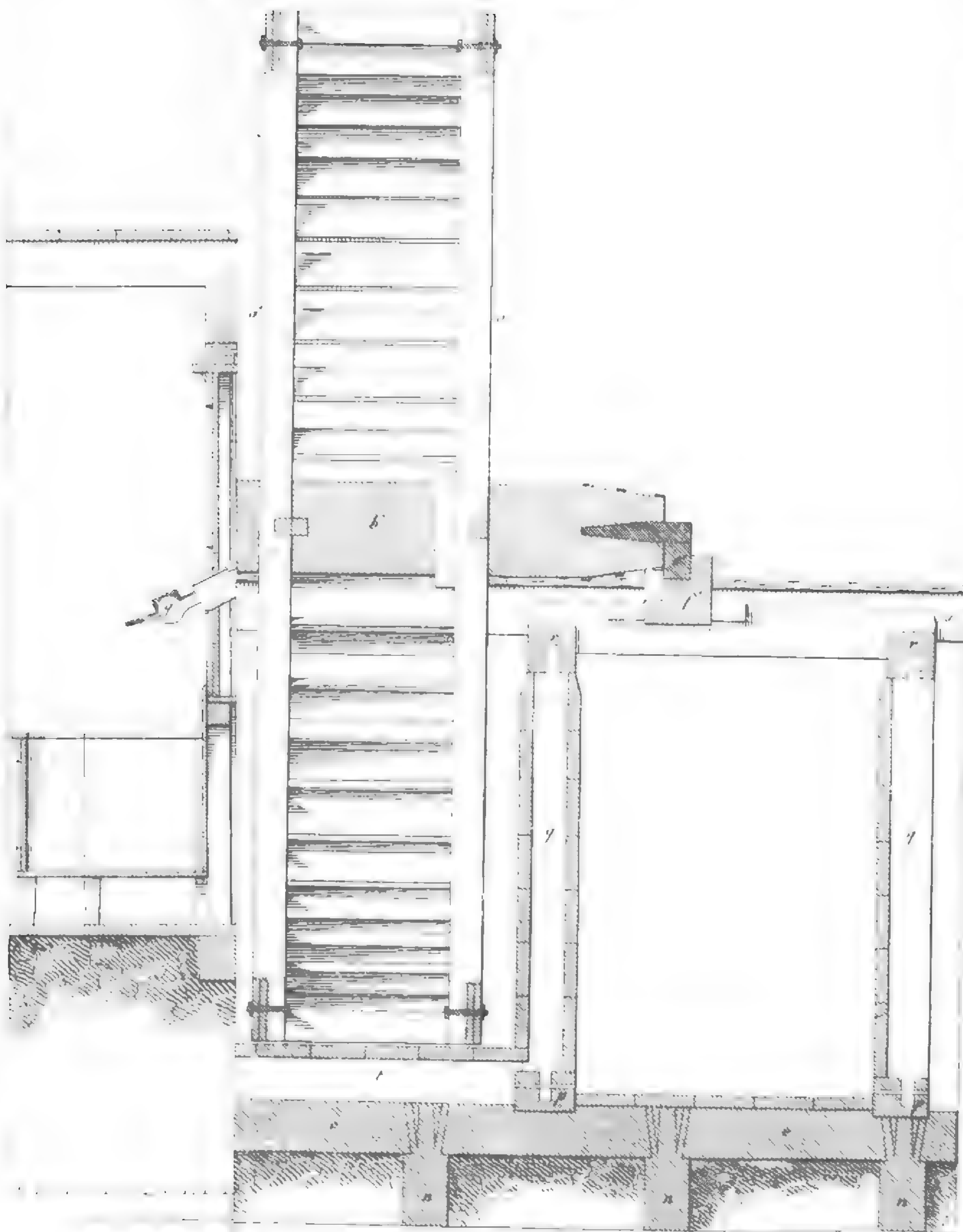


Fig. 32

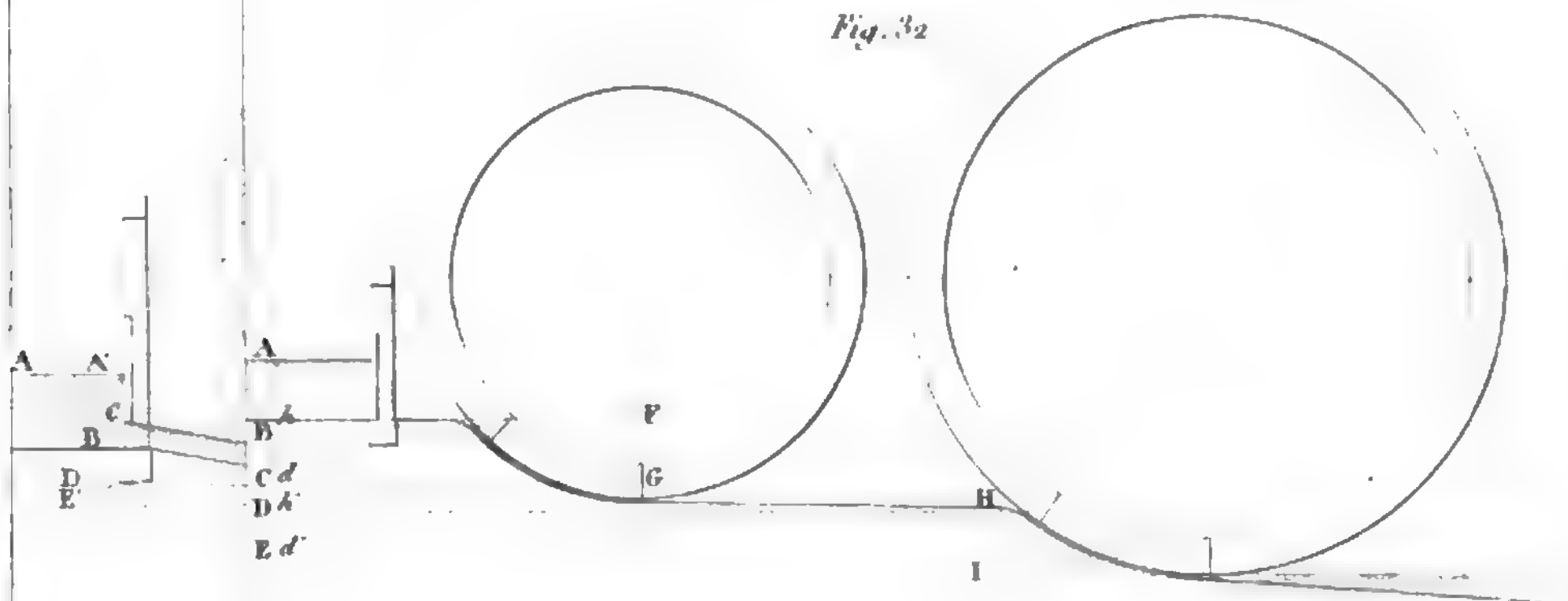


Fig. 34

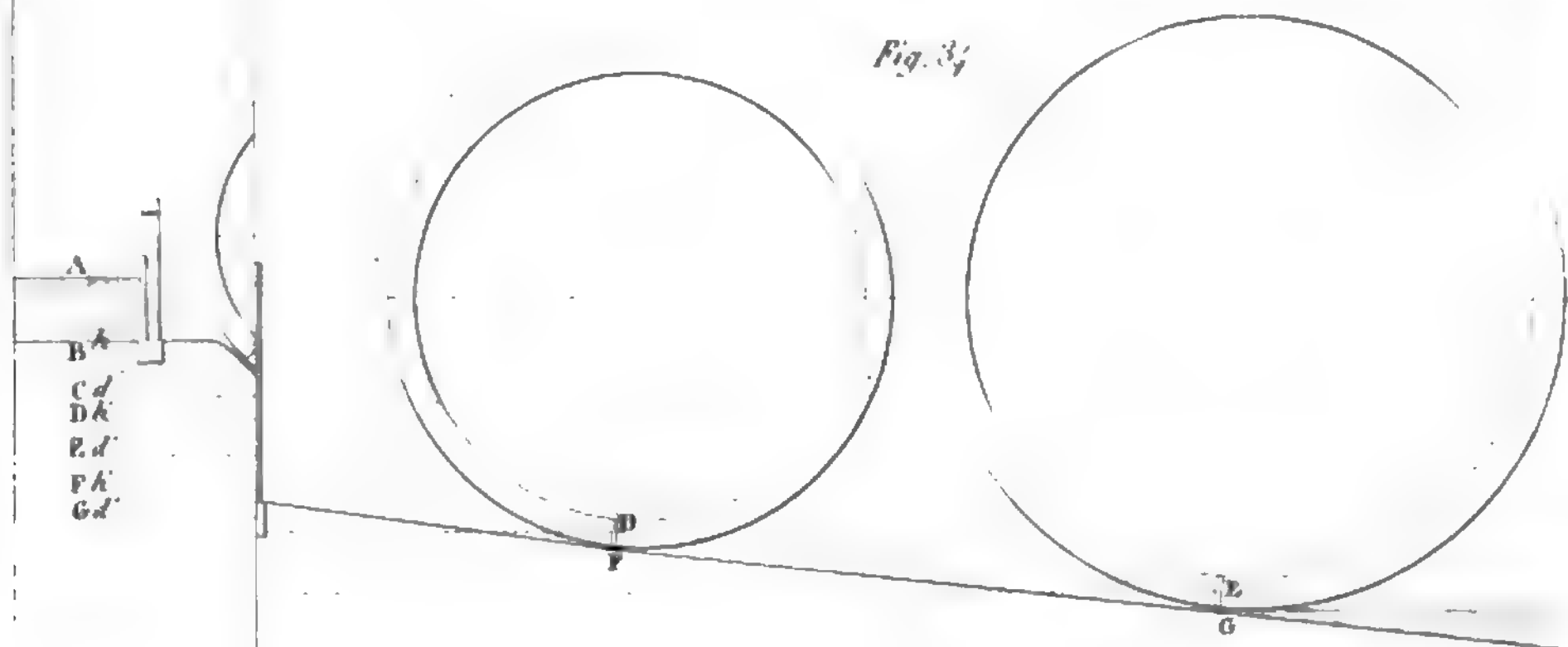
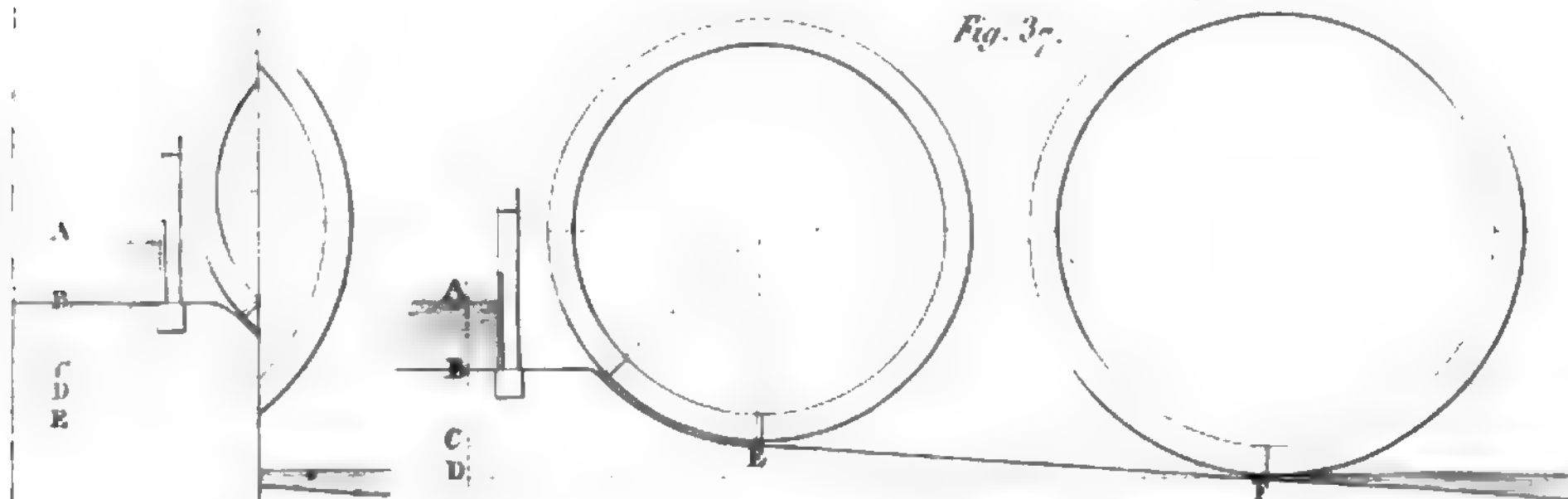
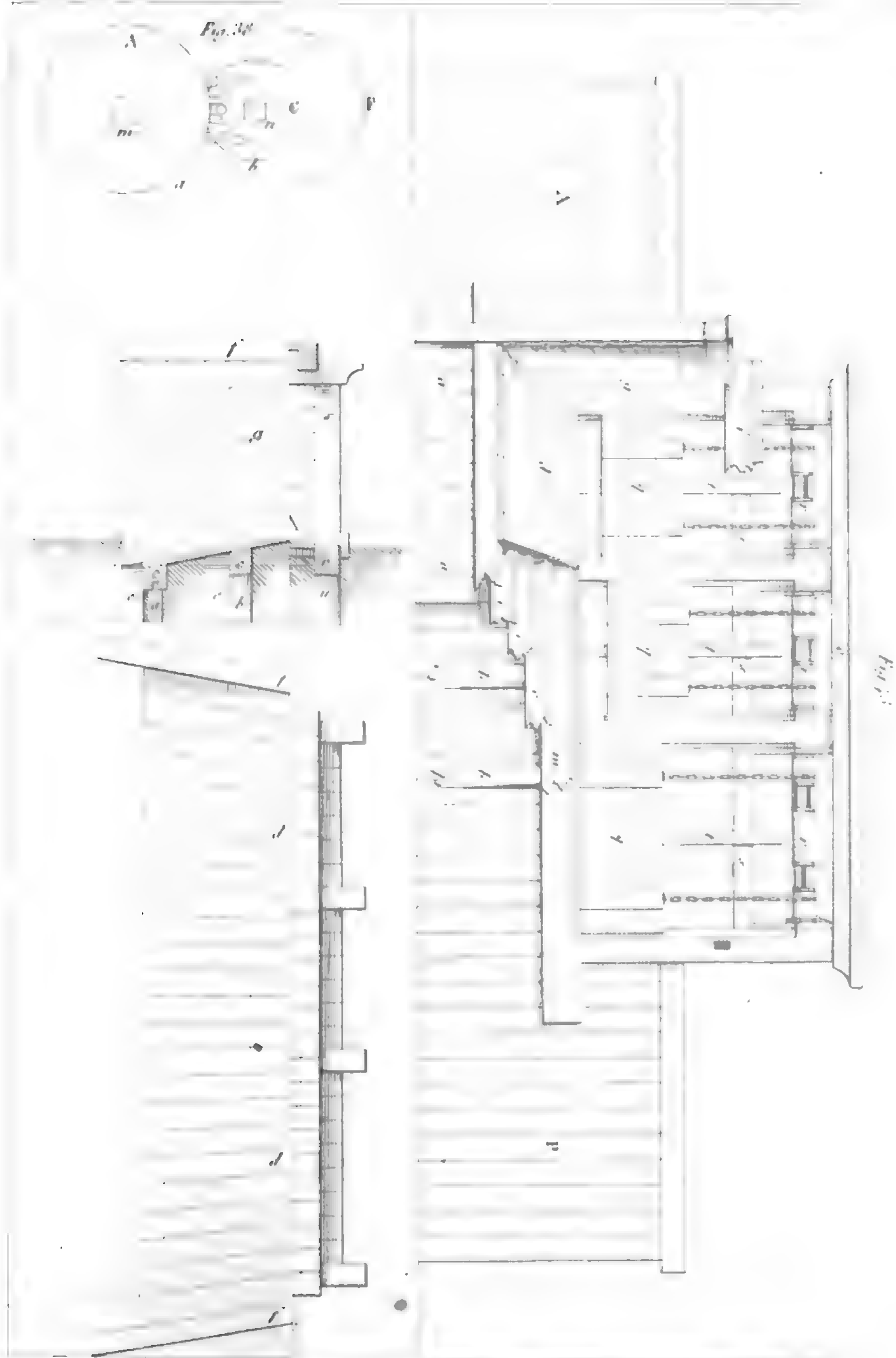
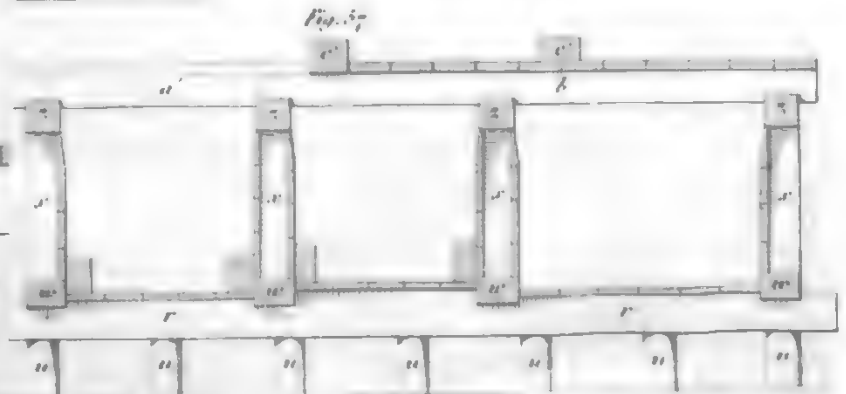
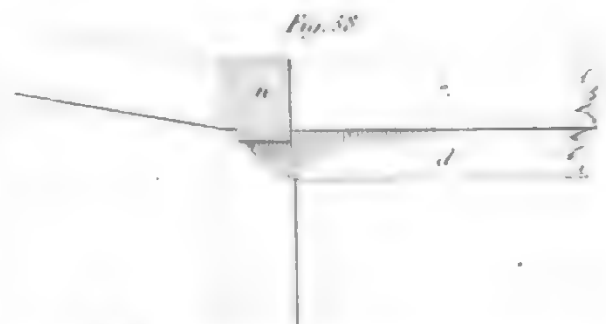
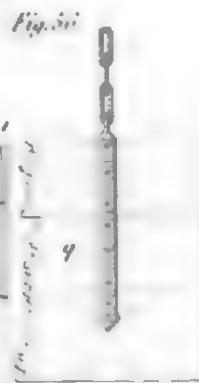
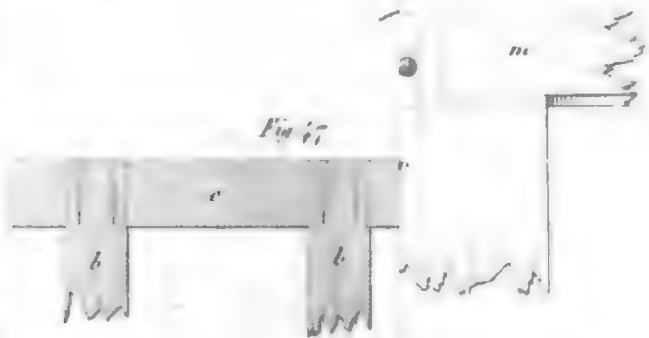
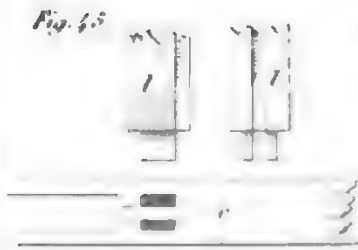
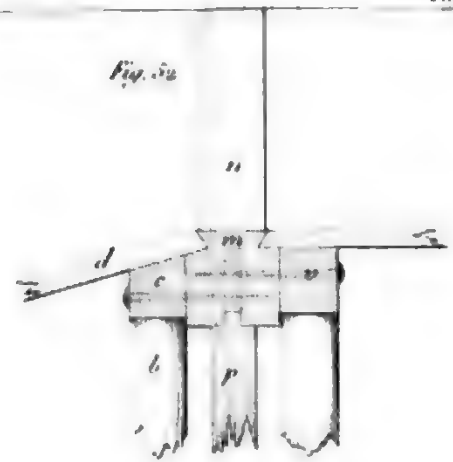
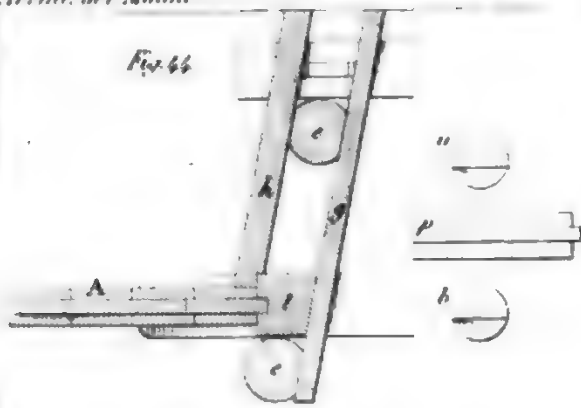
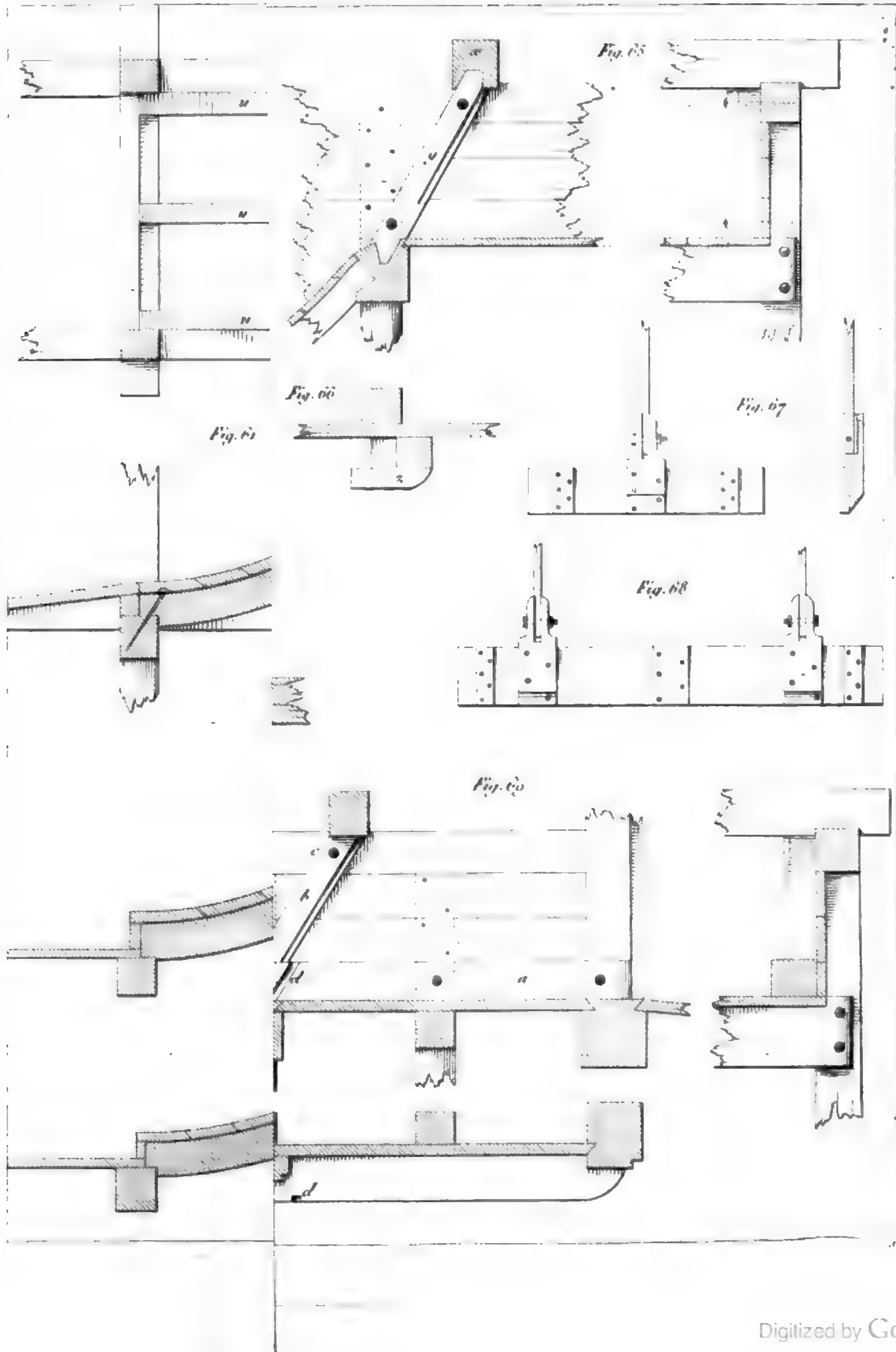


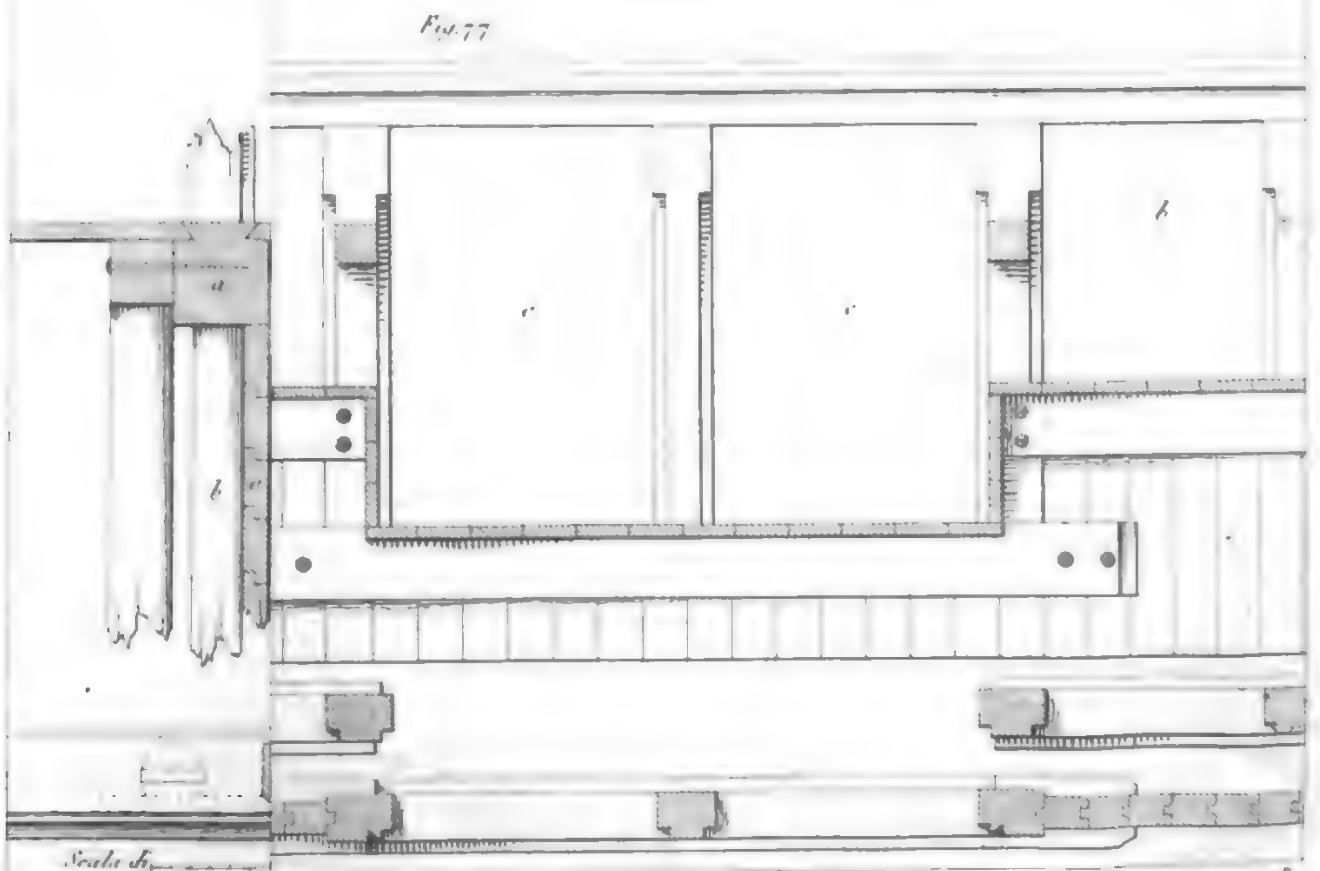
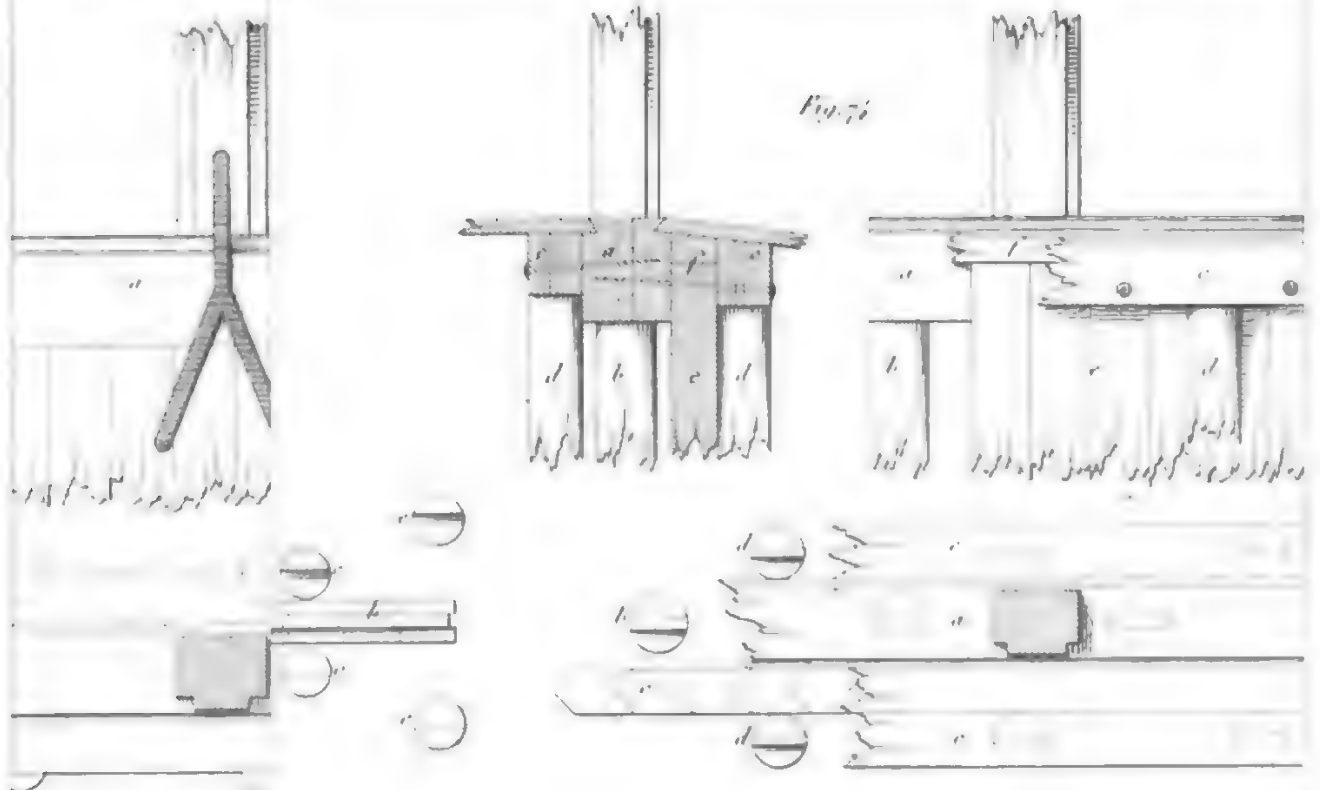
Fig. 37.

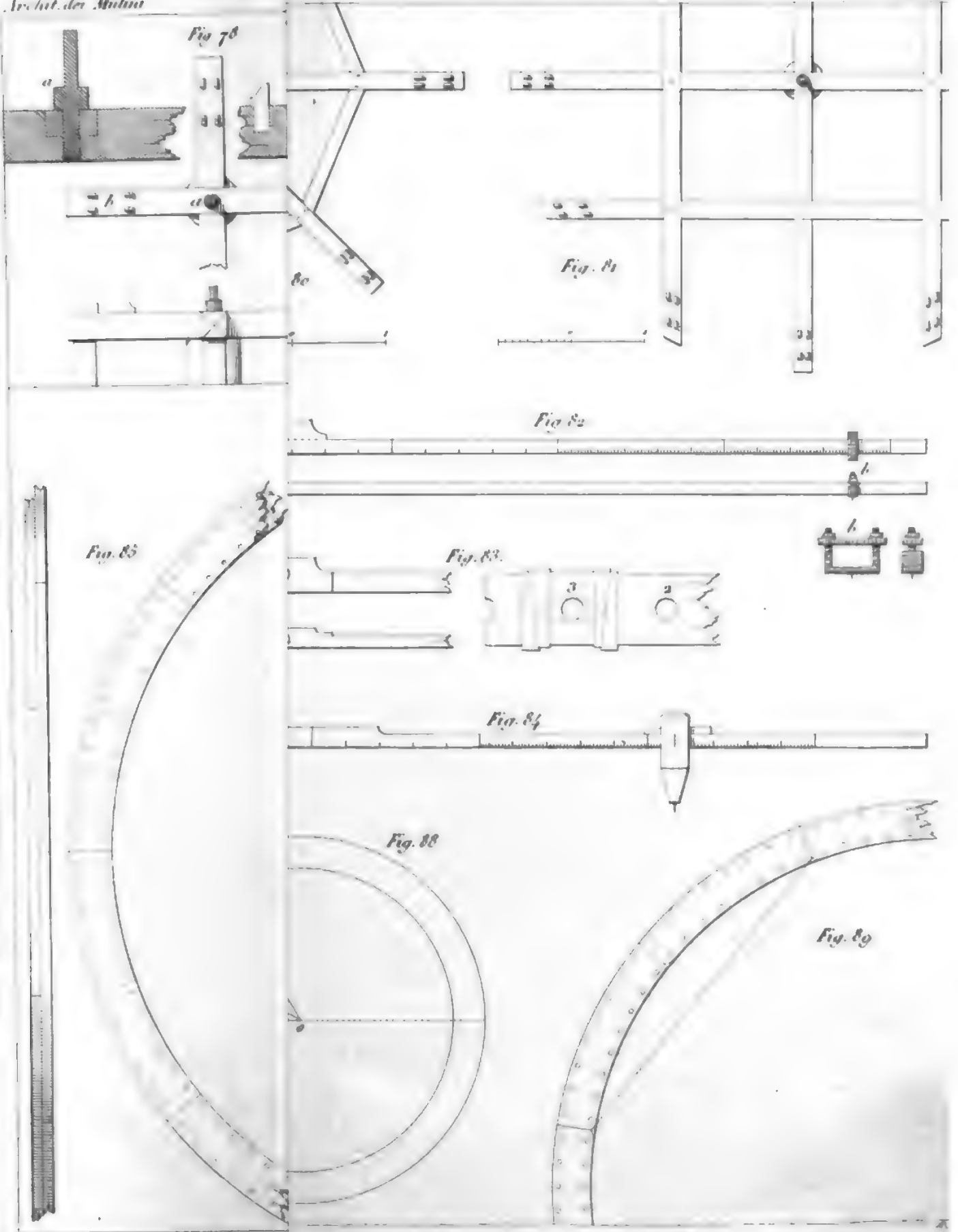












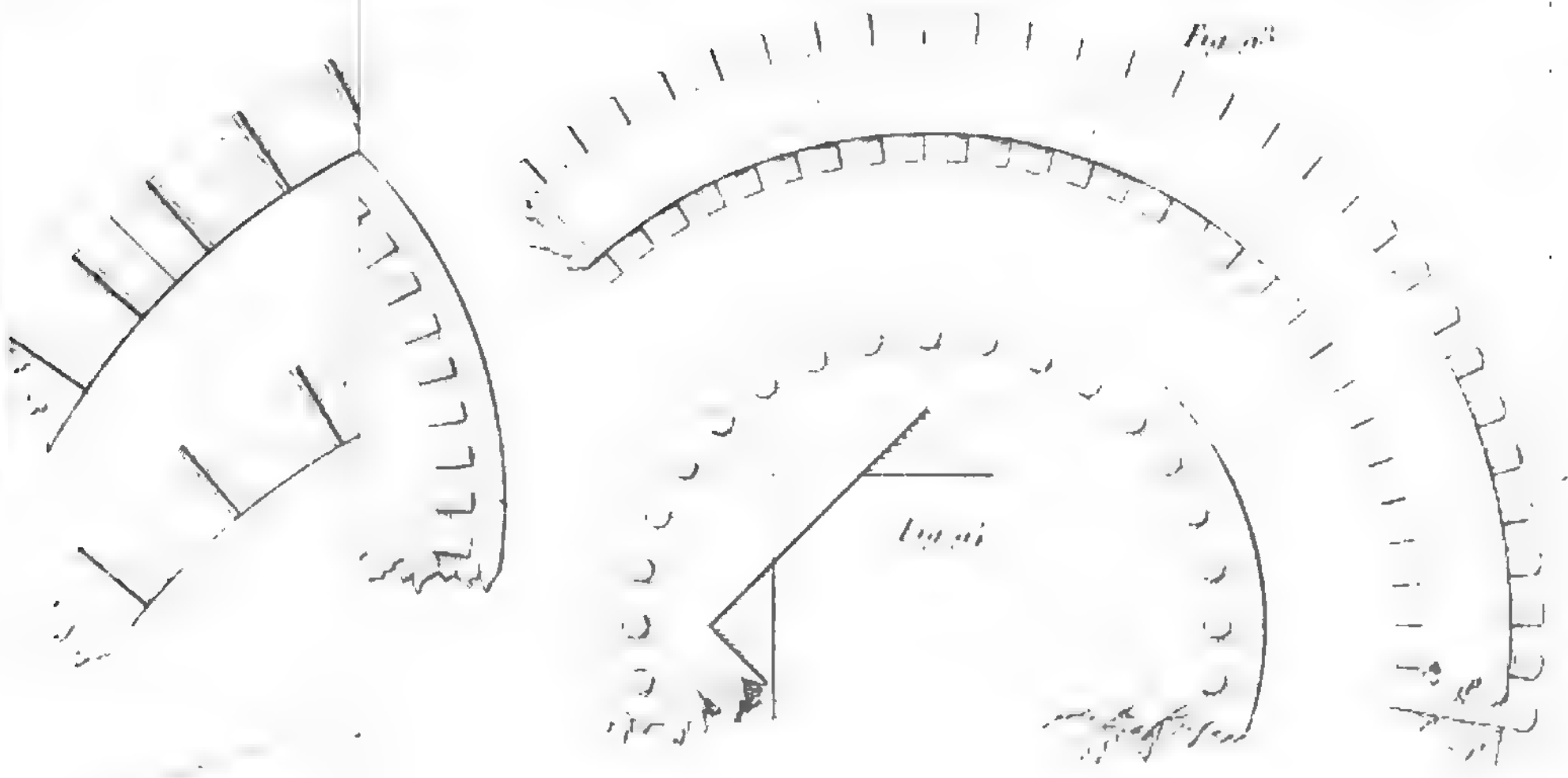


Fig. 100: A series of vertical lines of varying heights, similar to Fig. 97.

Fig. 101: A series of vertical lines of varying heights, similar to Fig. 97.

Fig. 102: A series of vertical lines of varying heights, similar to Fig. 97.

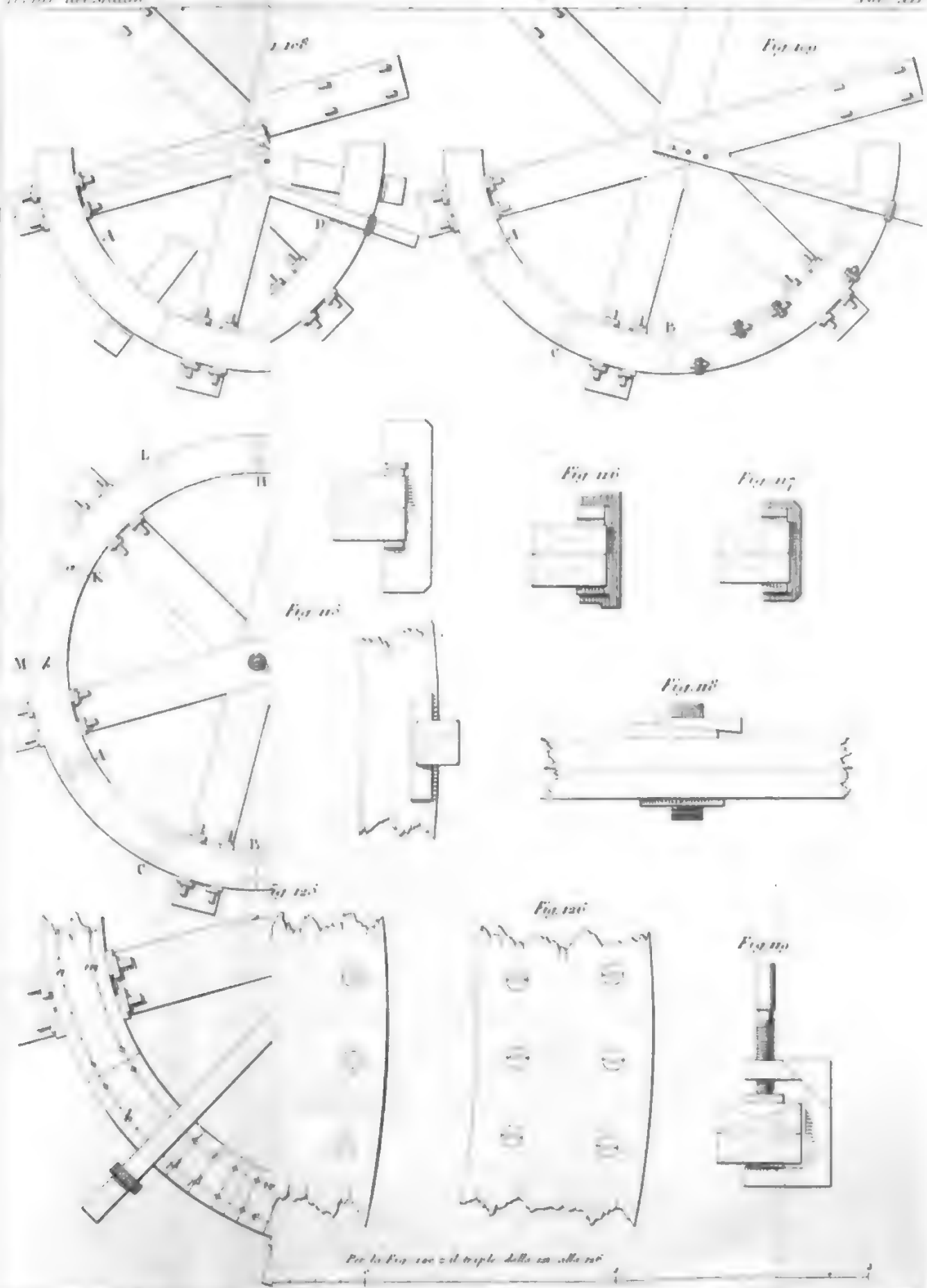




Fig. 135

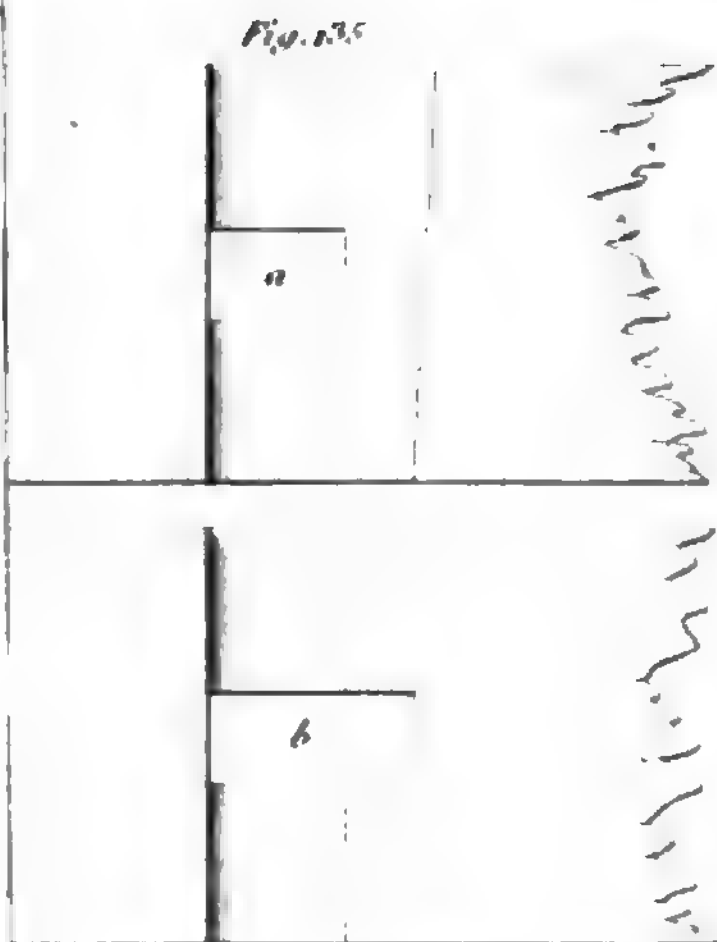


Fig. 136

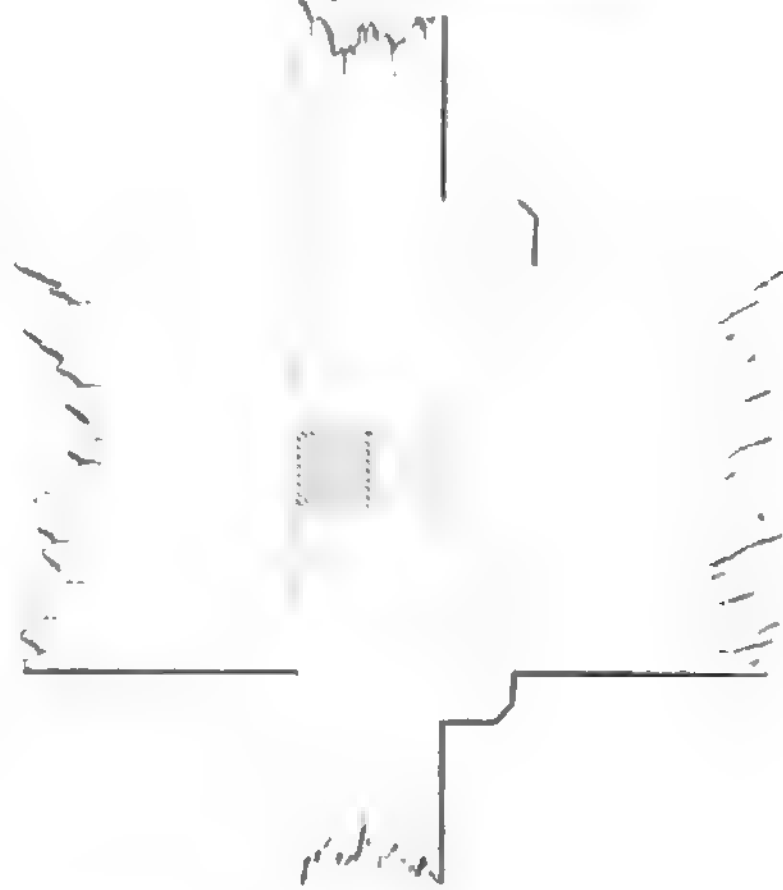


Fig. 137



Fig. 138

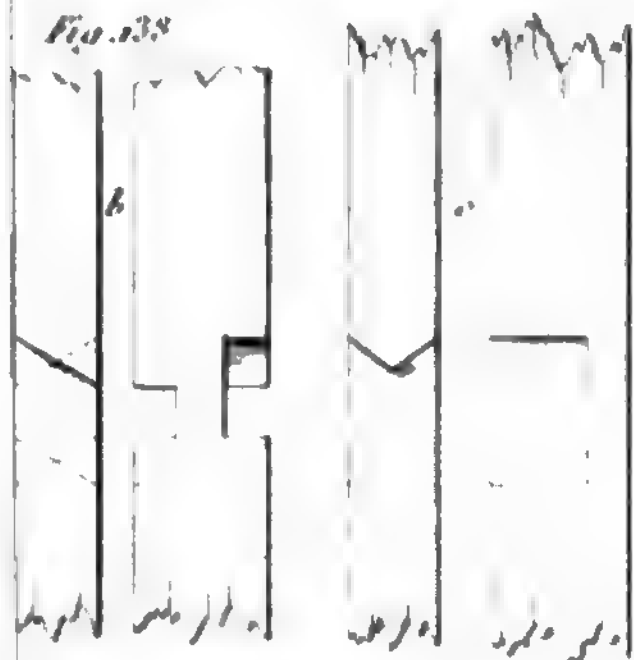


Fig. 139

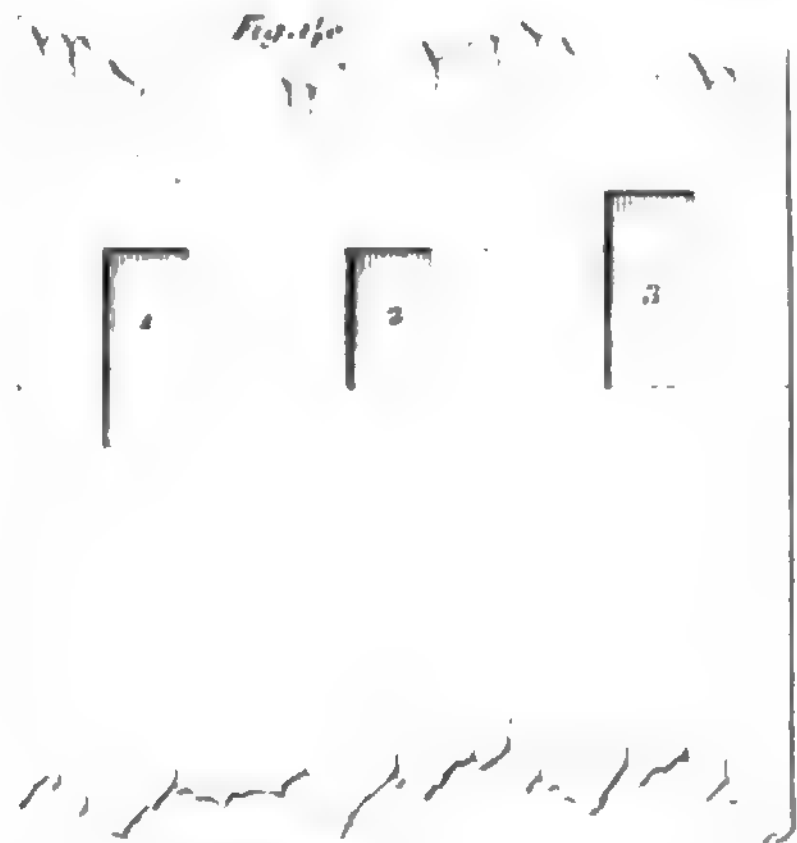
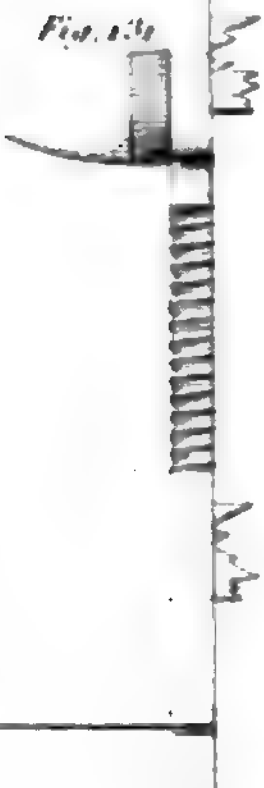


Fig. 140



Per la Fig.
Per la Fig.

Altre

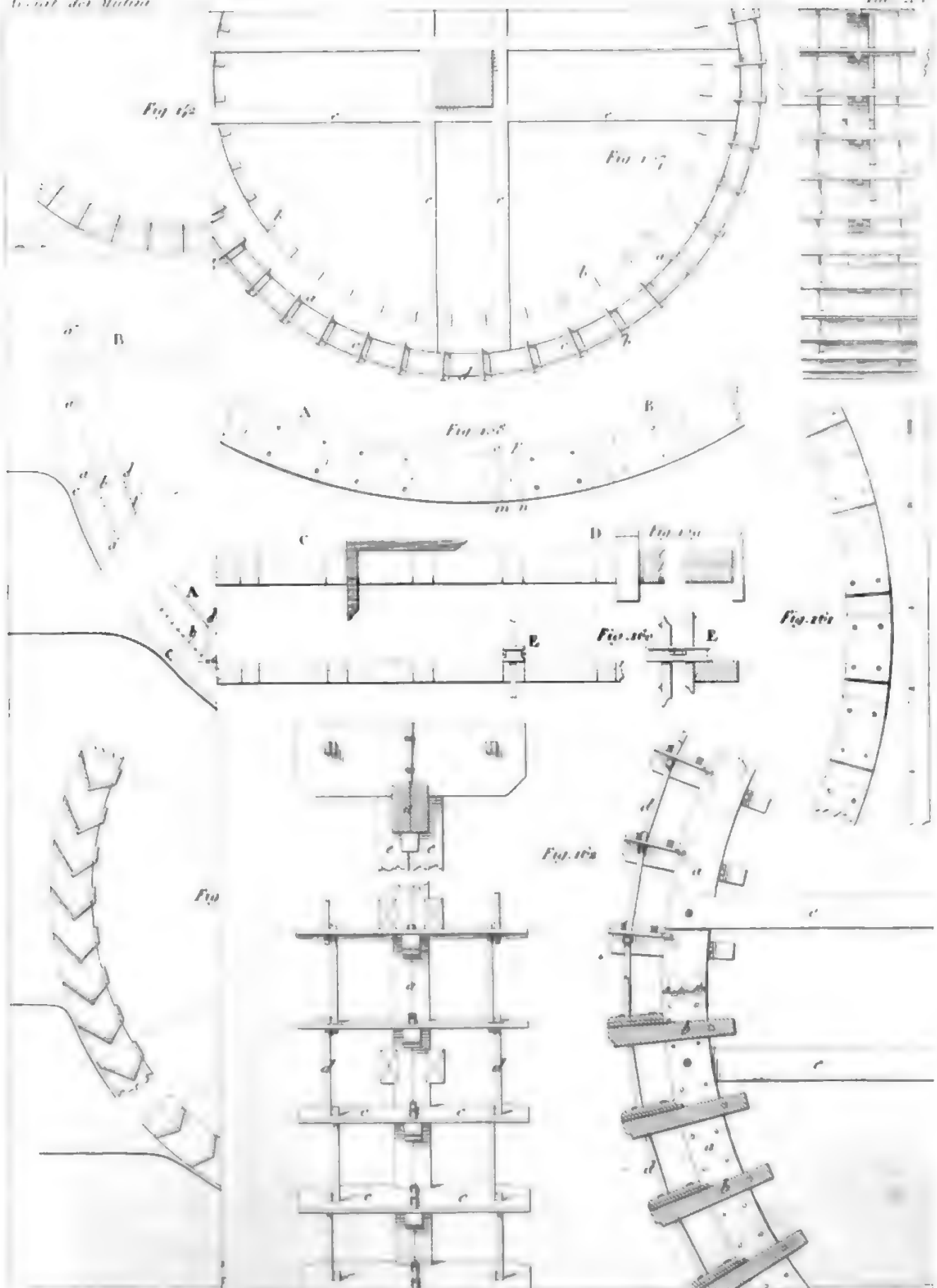


Fig. 163

A

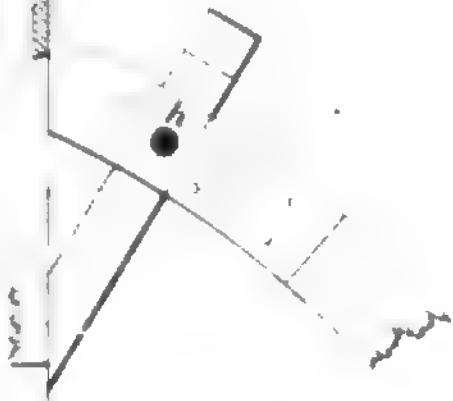
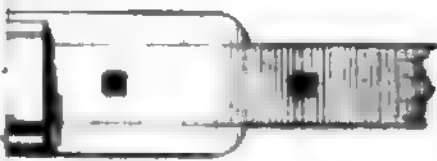


Fig. 170



m
o

176

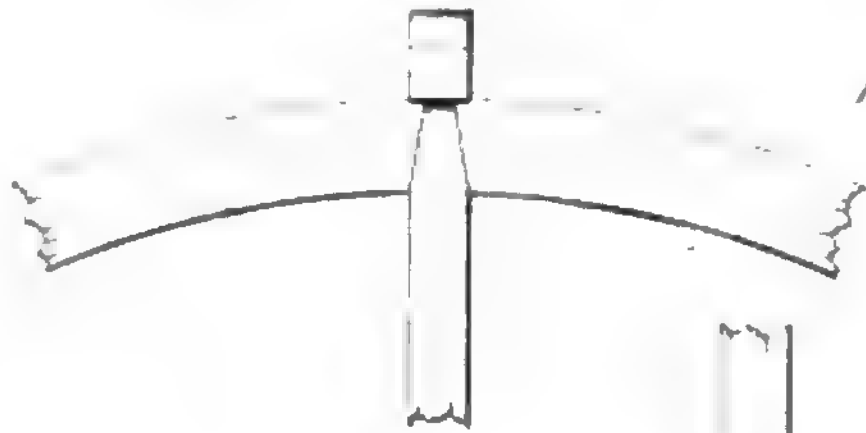
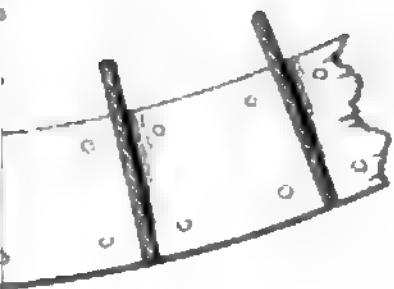


Fig. 171

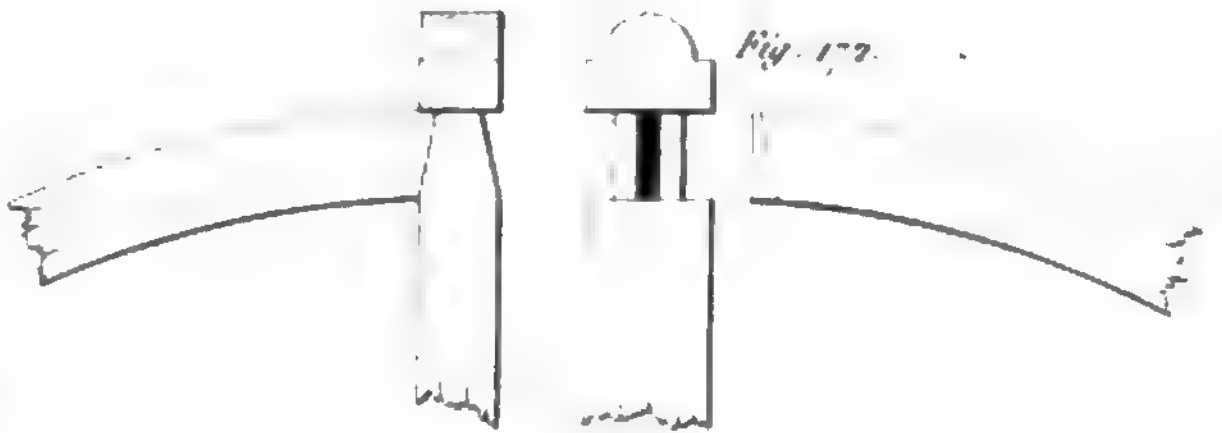


Fig. 172

Fig. 173

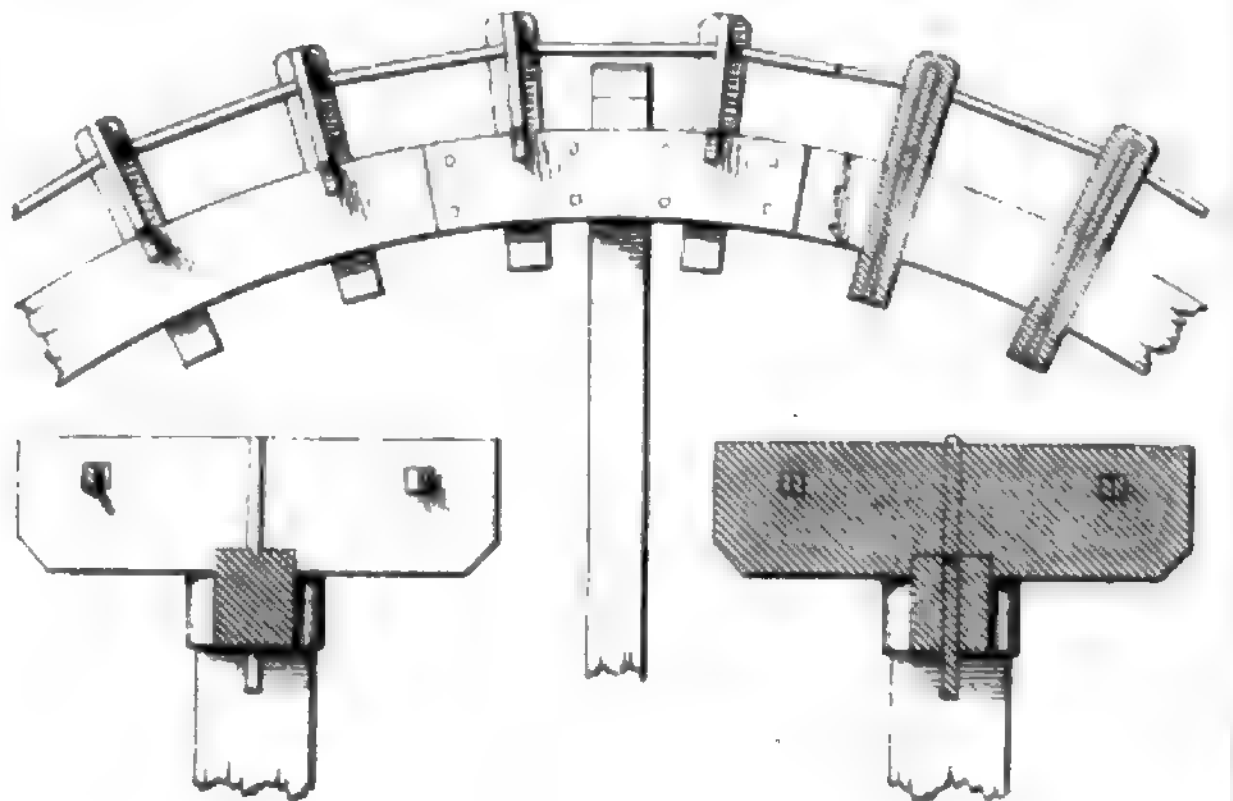


Fig. 174

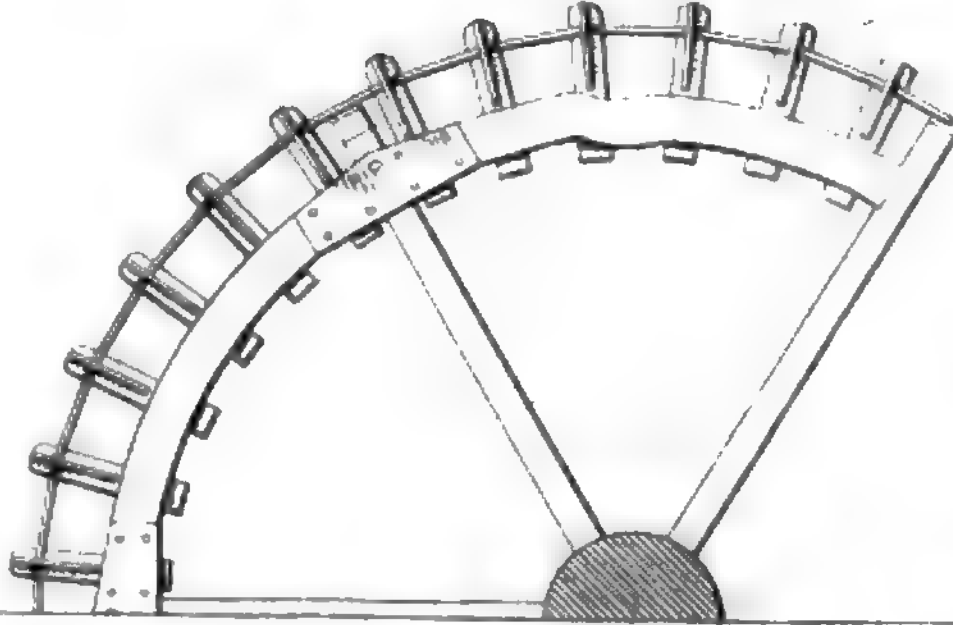
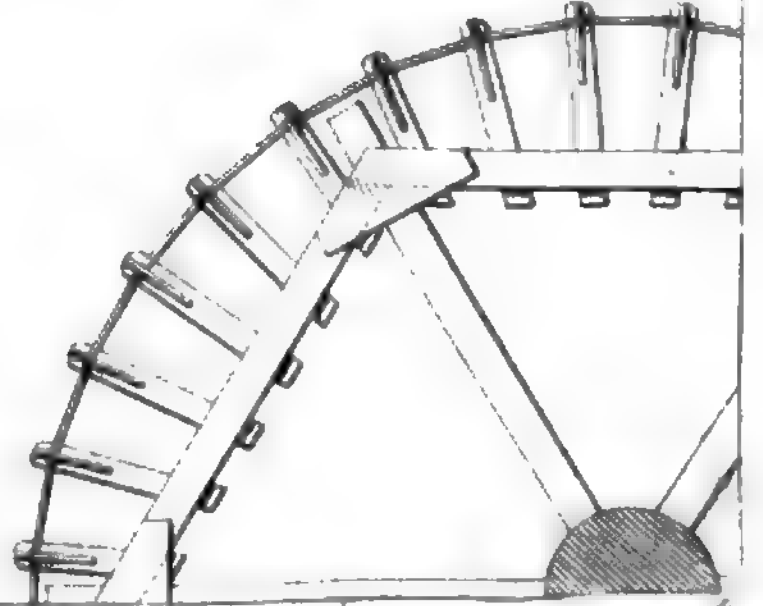
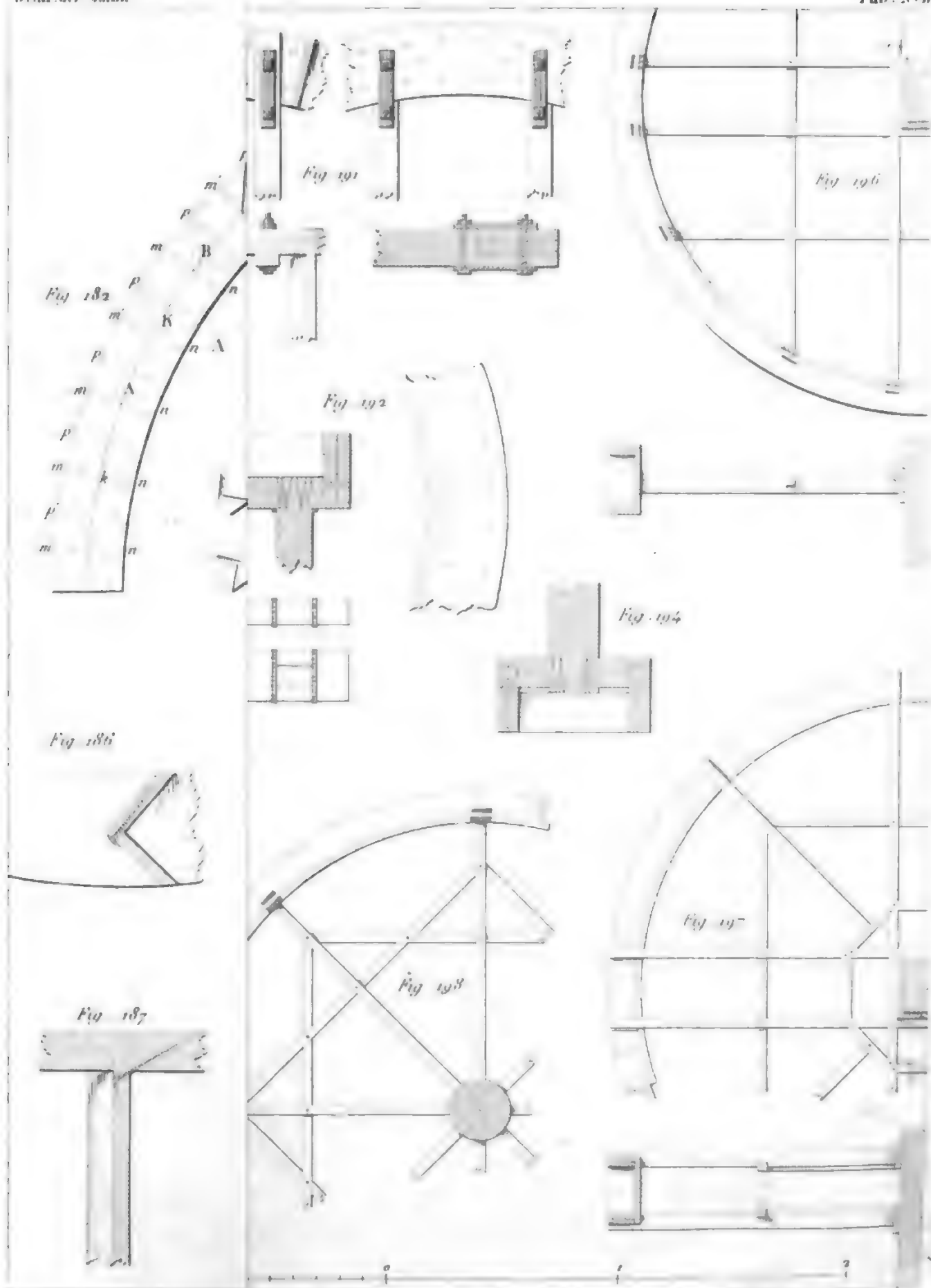
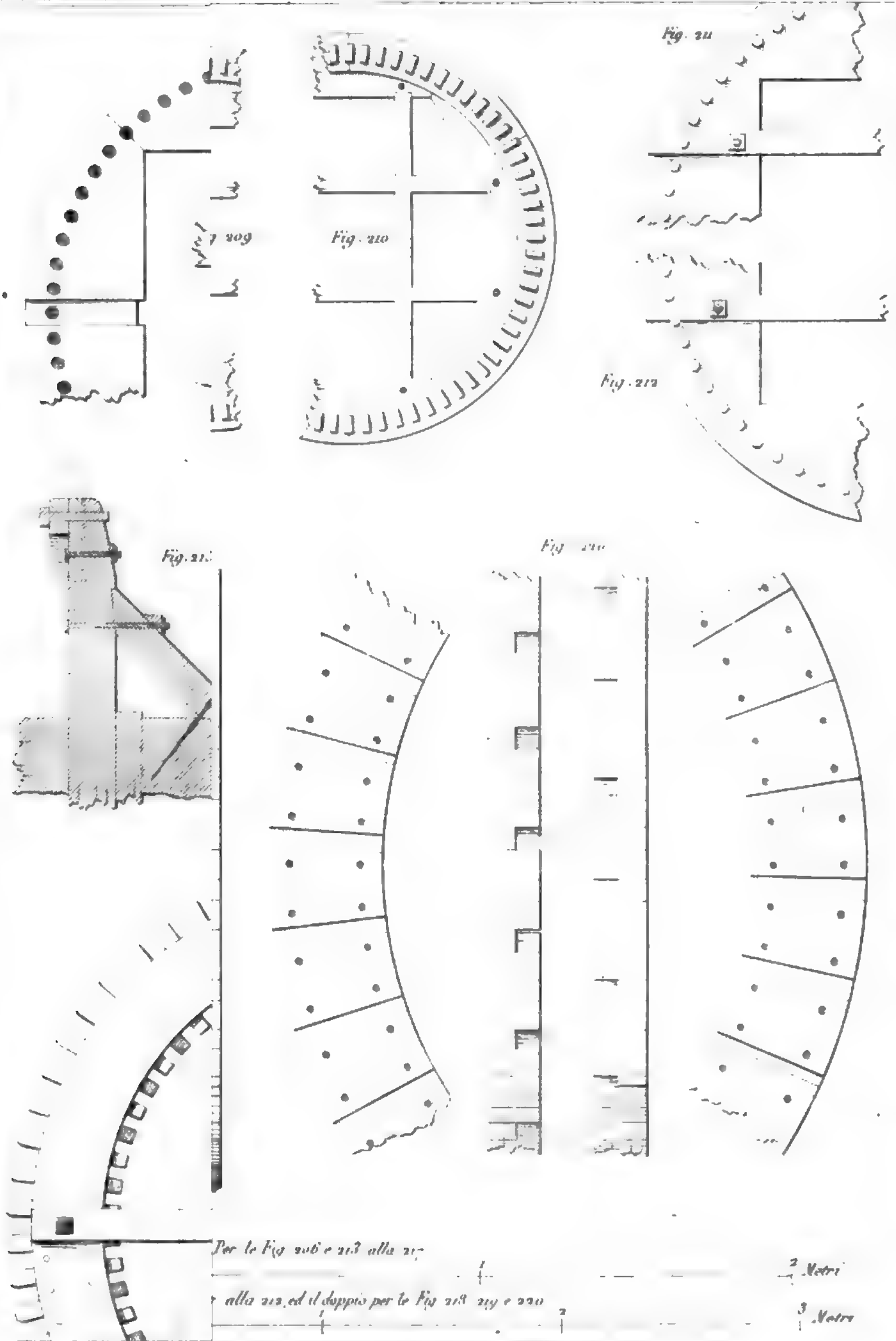
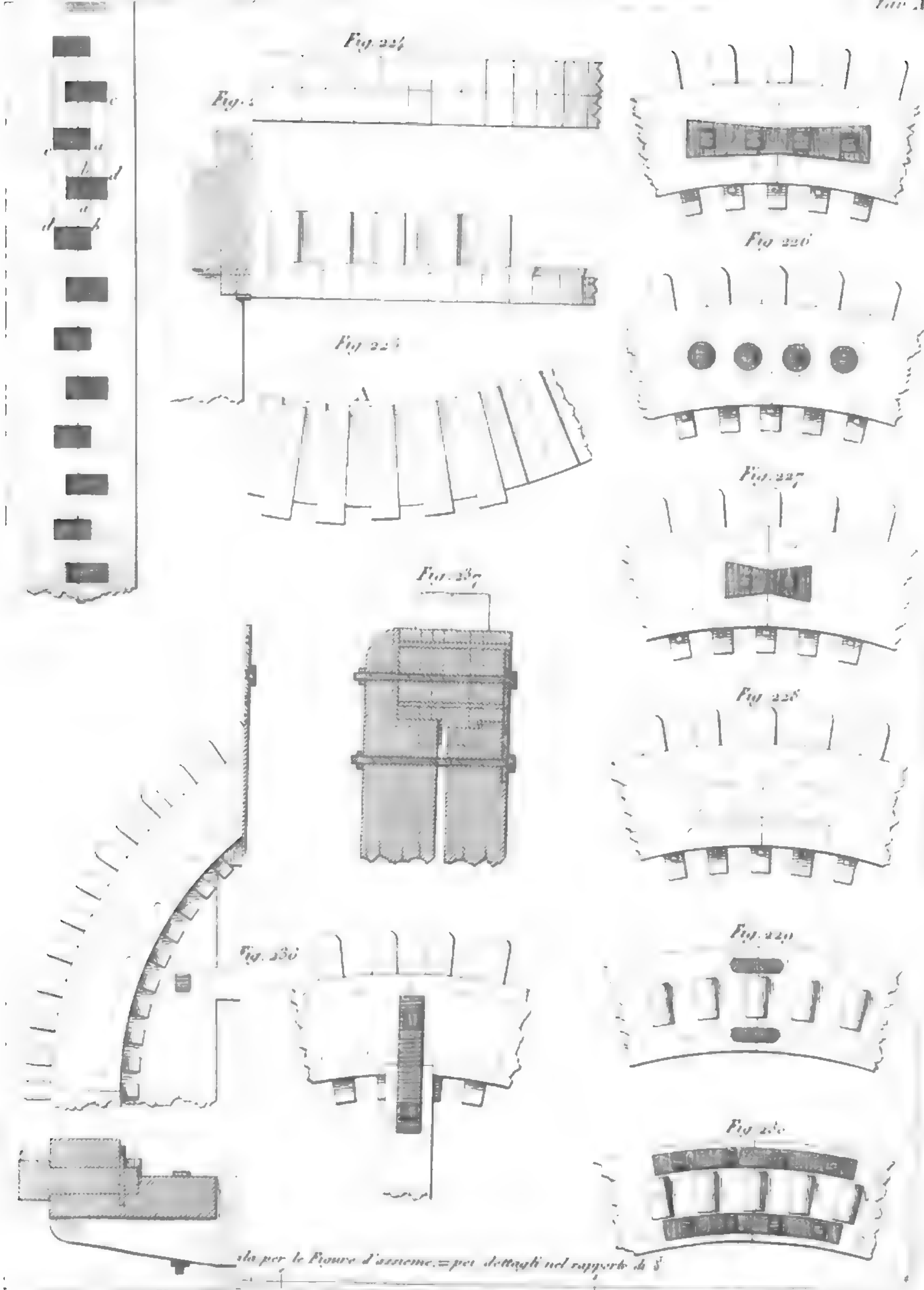


Fig. 175









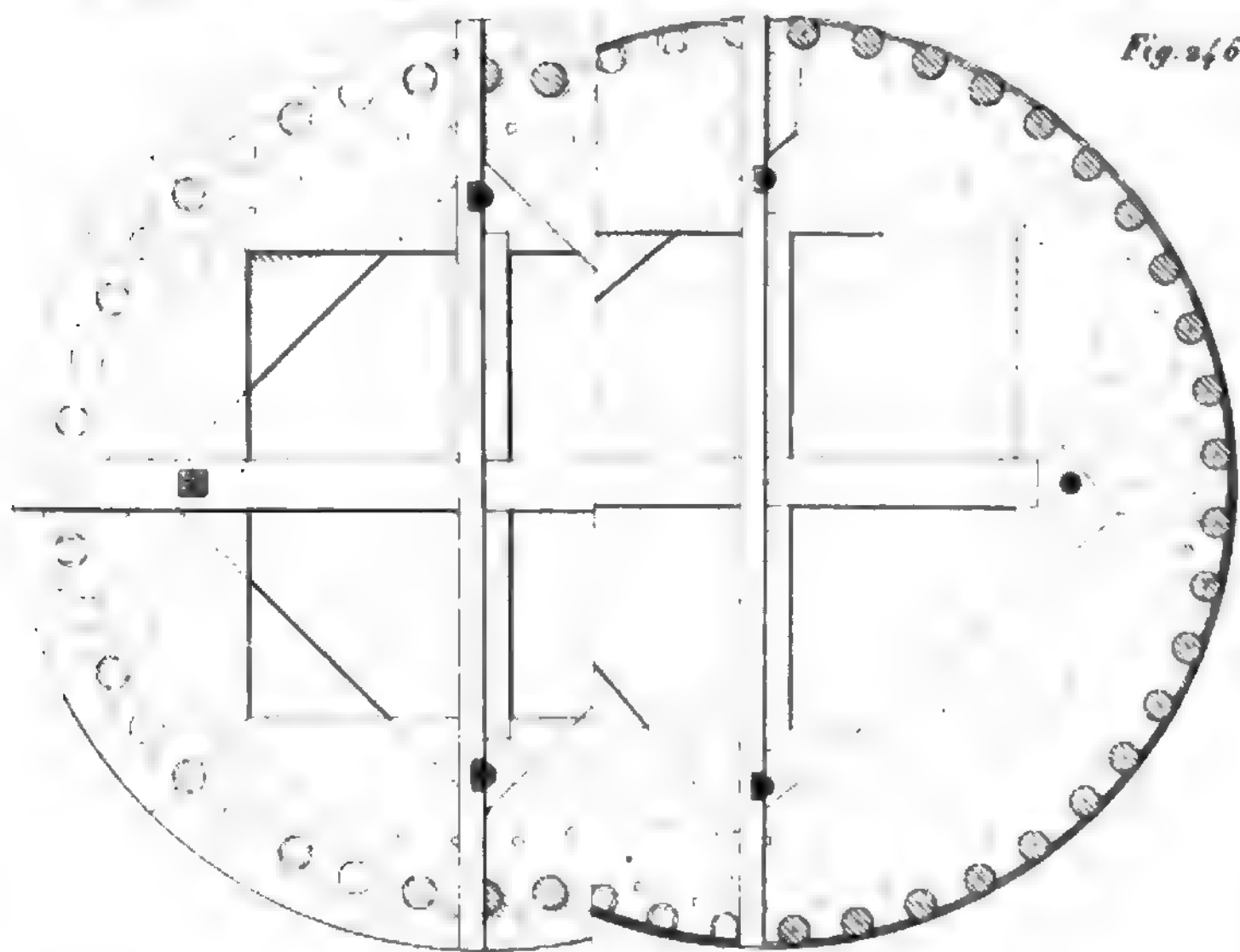
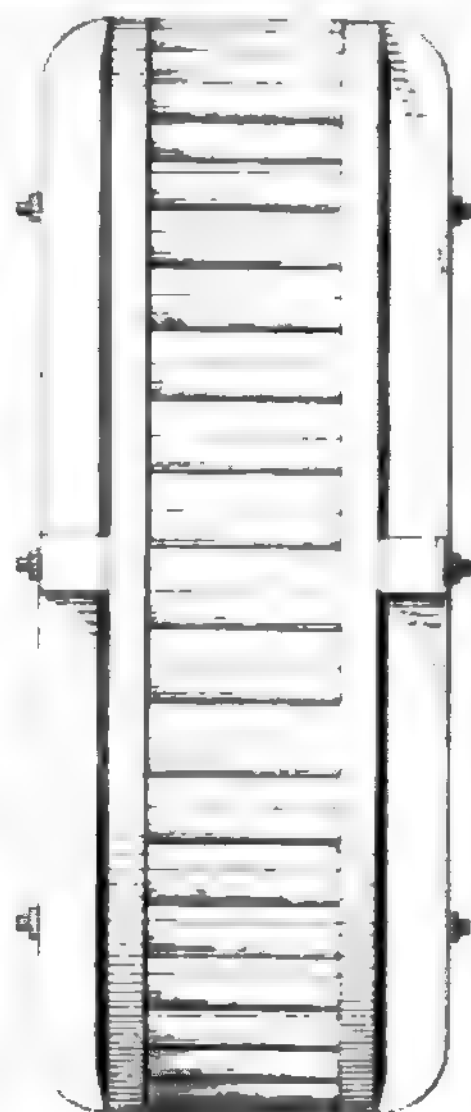


Fig. 246



g
a d b

Fig. 248

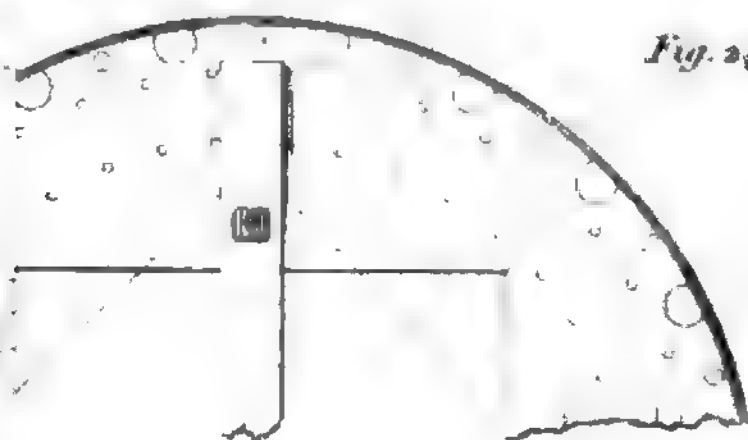


Fig. 248

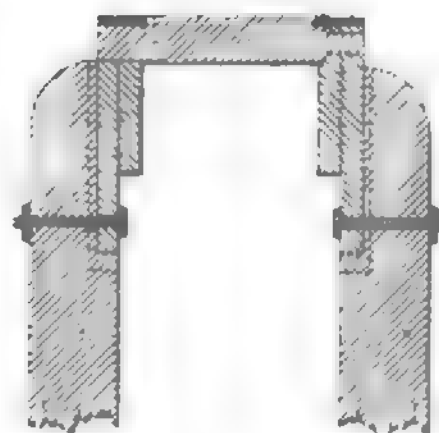


Fig. 249

m
m
r
r
n
n

Fig. 249

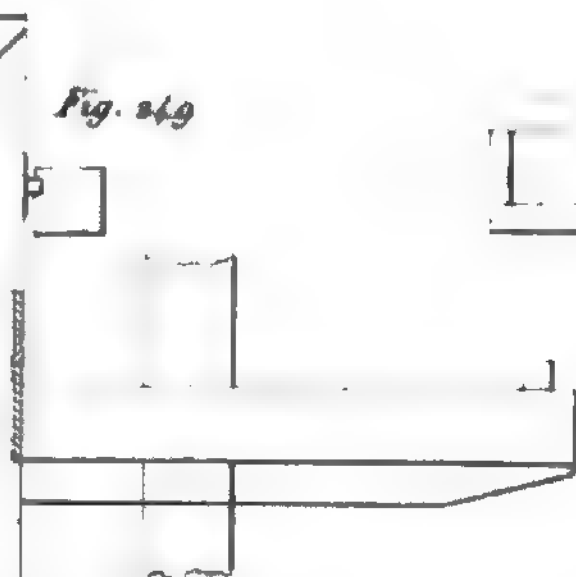
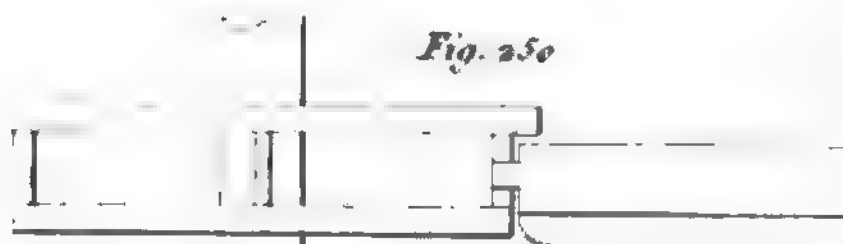
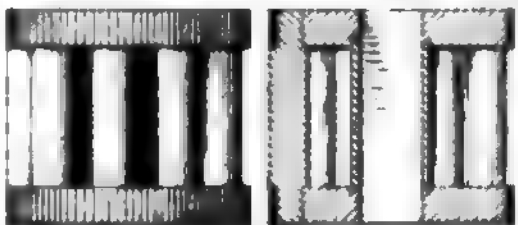
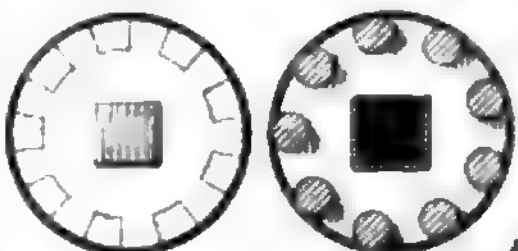
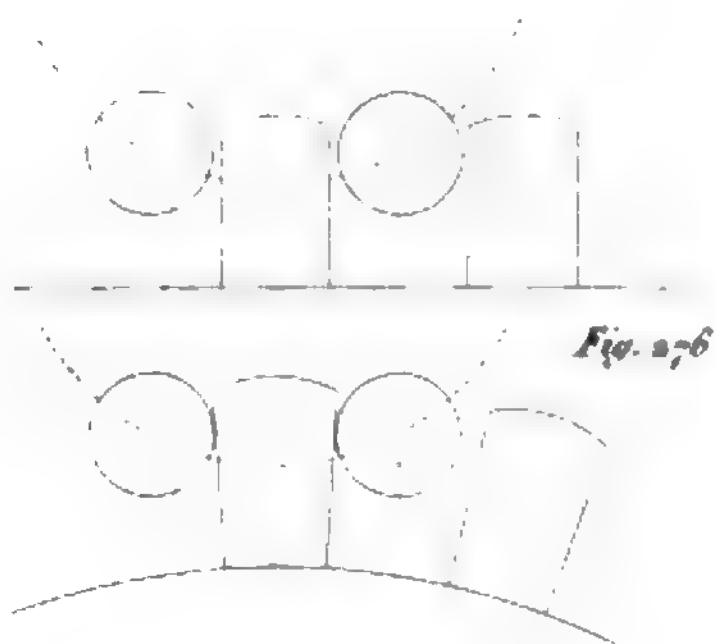
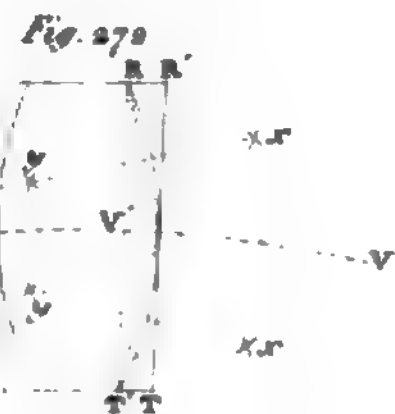
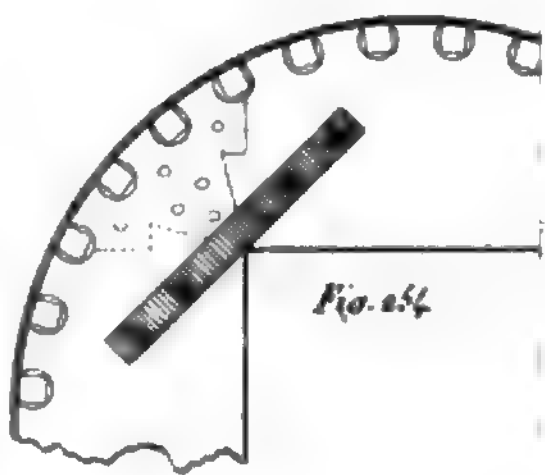
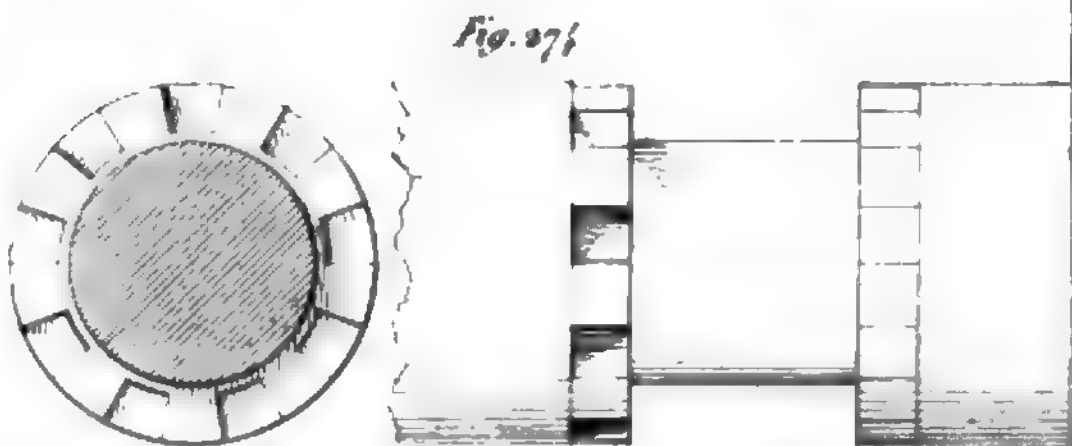
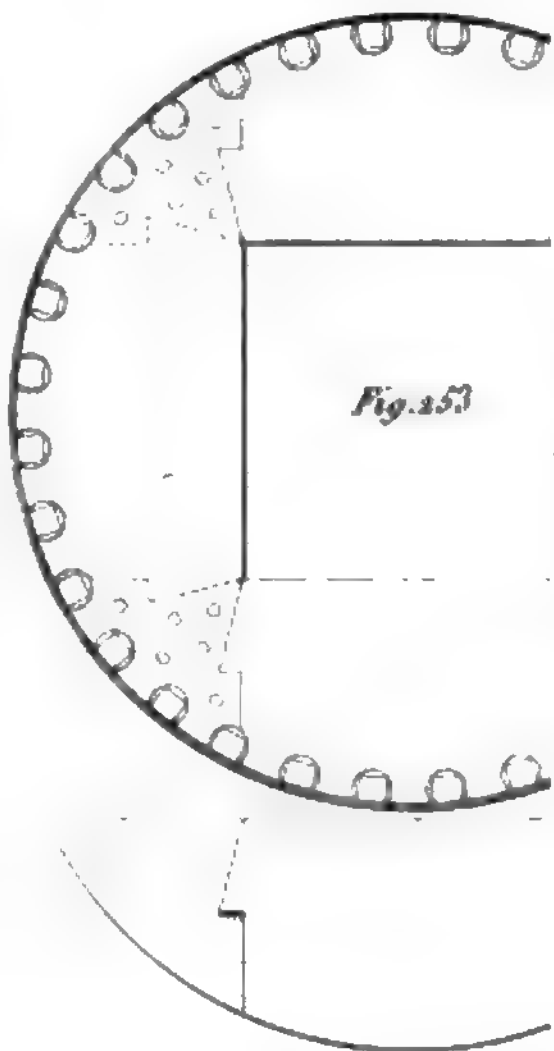
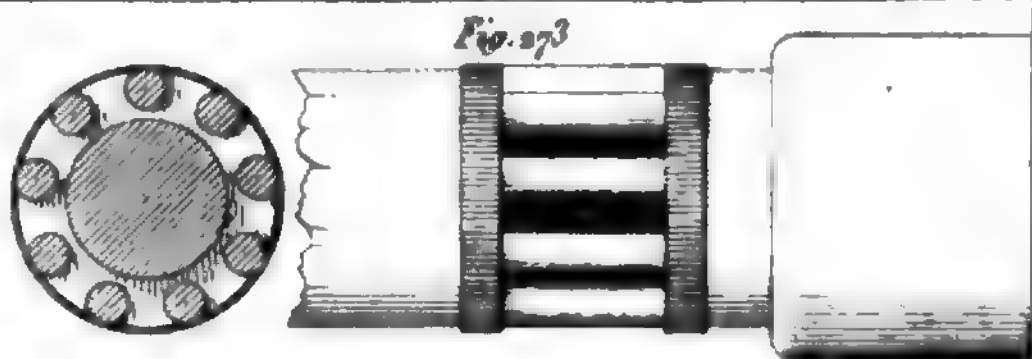
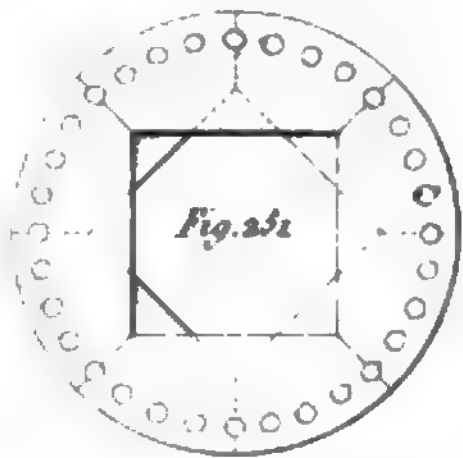


Fig. 250



M' Per le Fig. 248 e 250
M'' Per le altre Fig.



Per le Fig. 251 e 253 - per le altre il doppio

Fig. 277

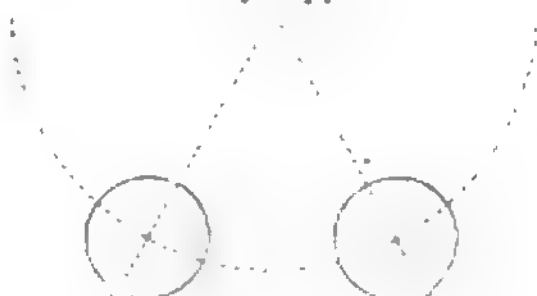


Fig. 276

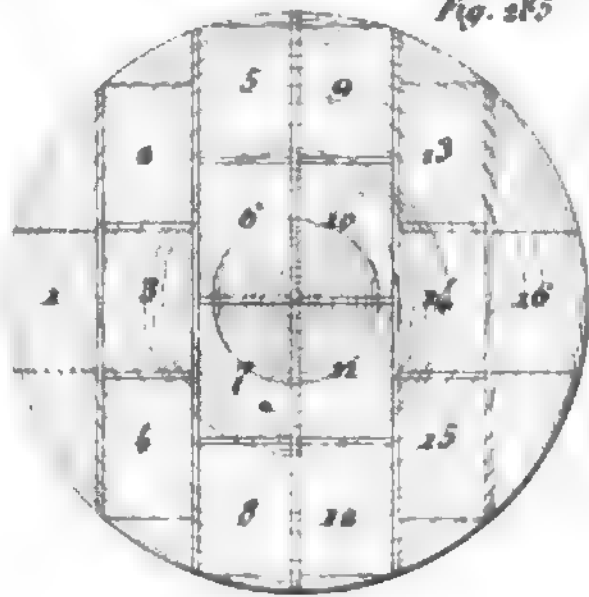
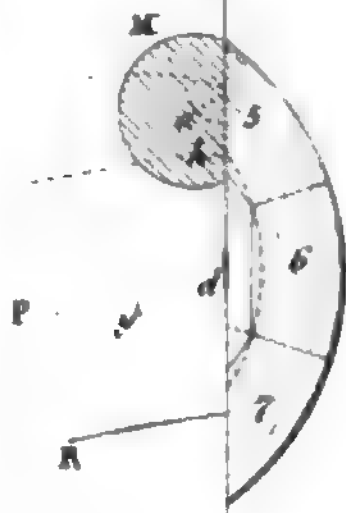


Fig. 285



Fig. 286



Fig. 287

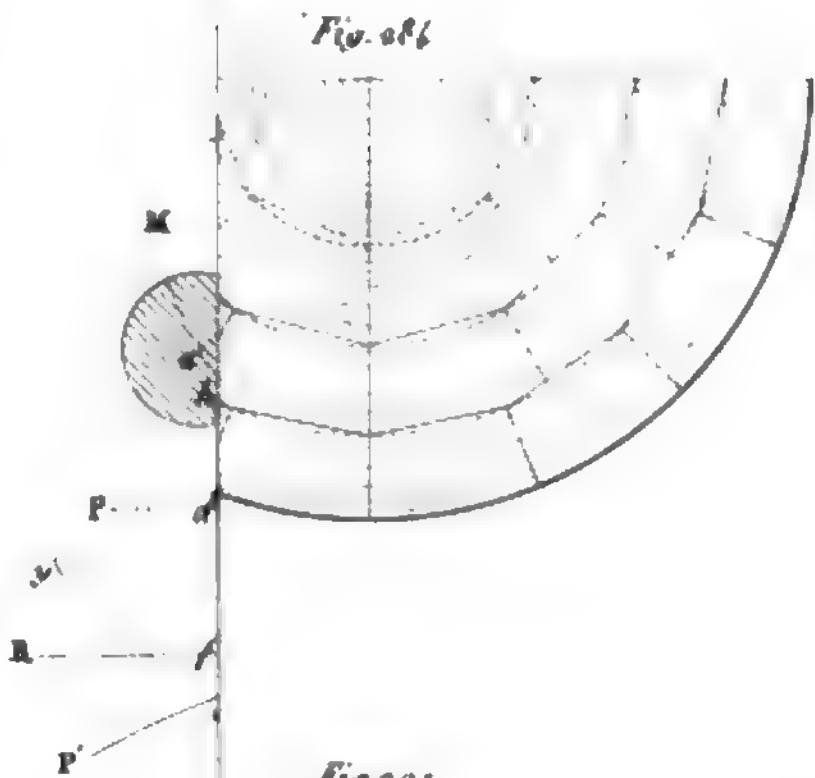


Fig. 288

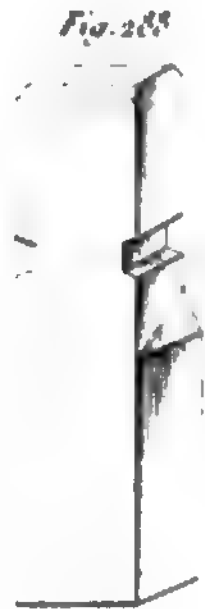


Fig. 289



Fig. 290



Fig. 291

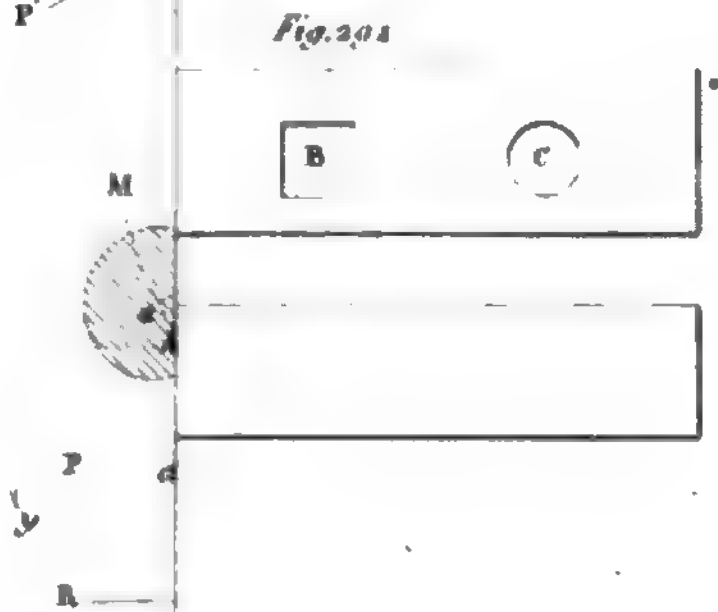


Fig. 292

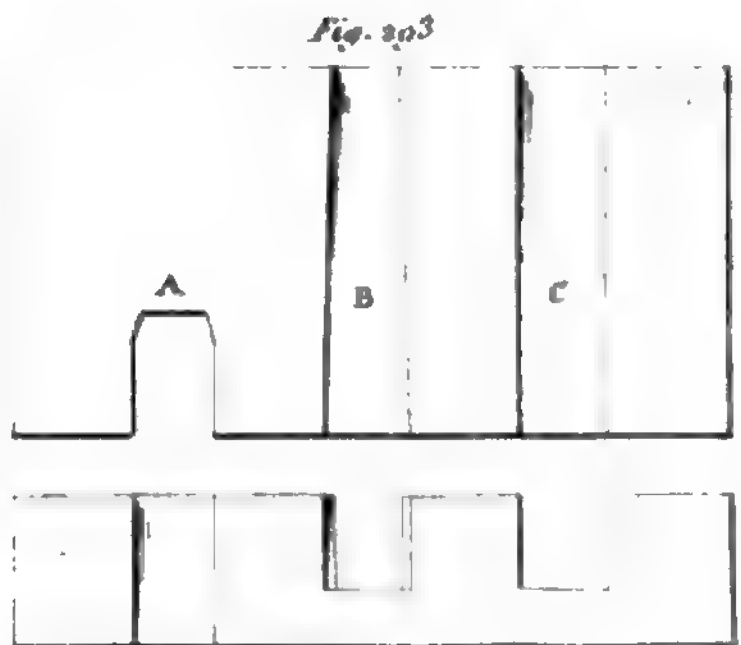


Fig. 293

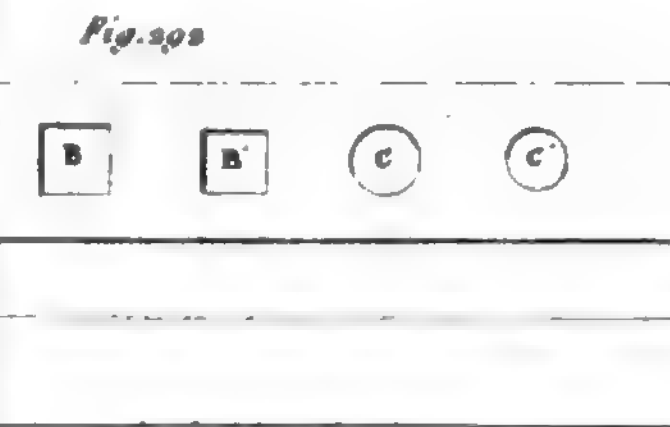


Fig. 294



Fig. 295

Fig. 295

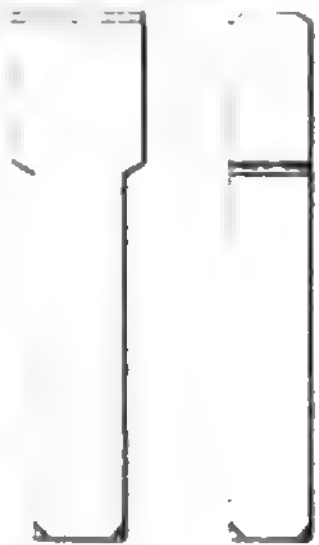


Fig. 298

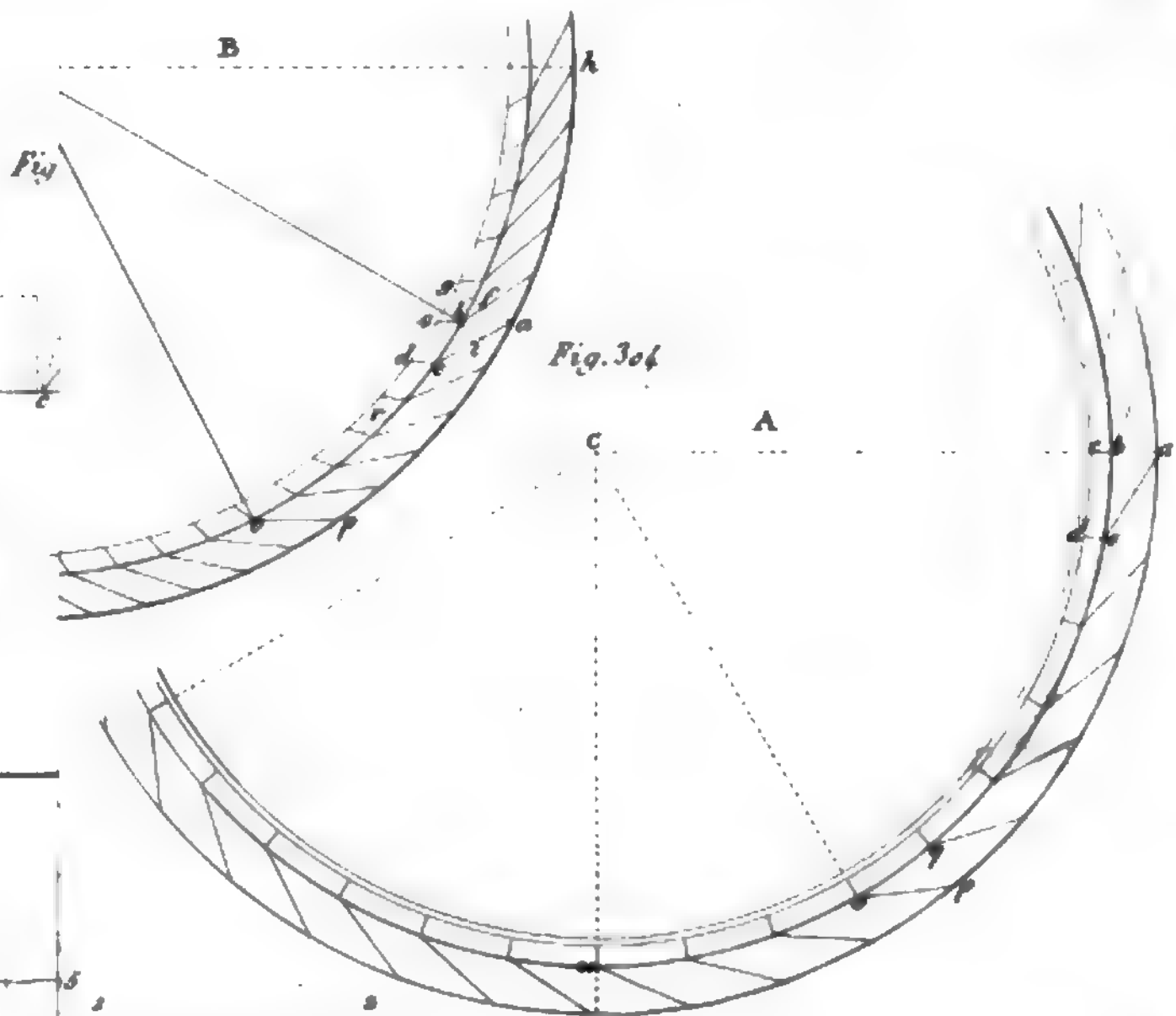
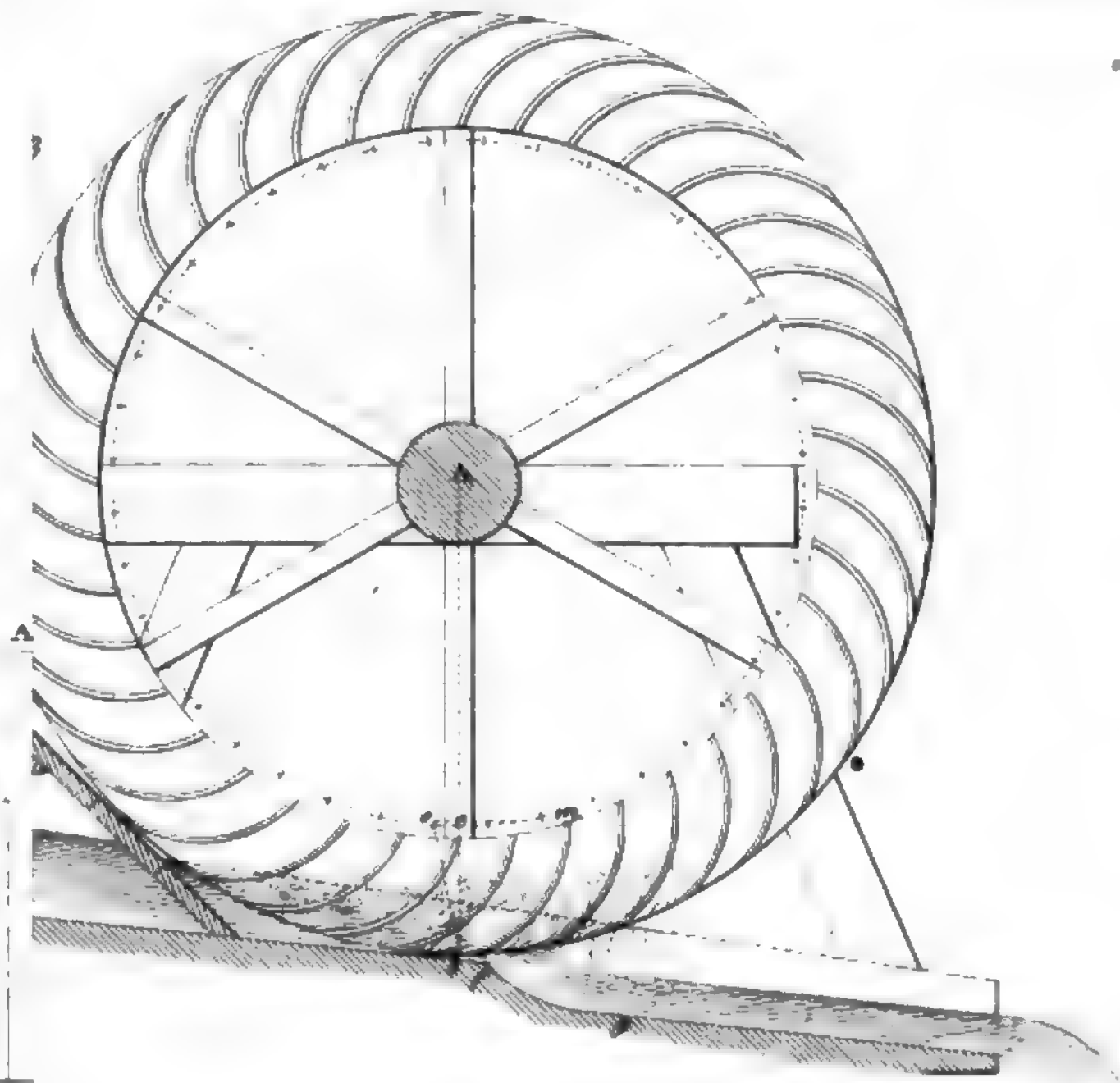


Fig. 301



Scala di



Fig. 306

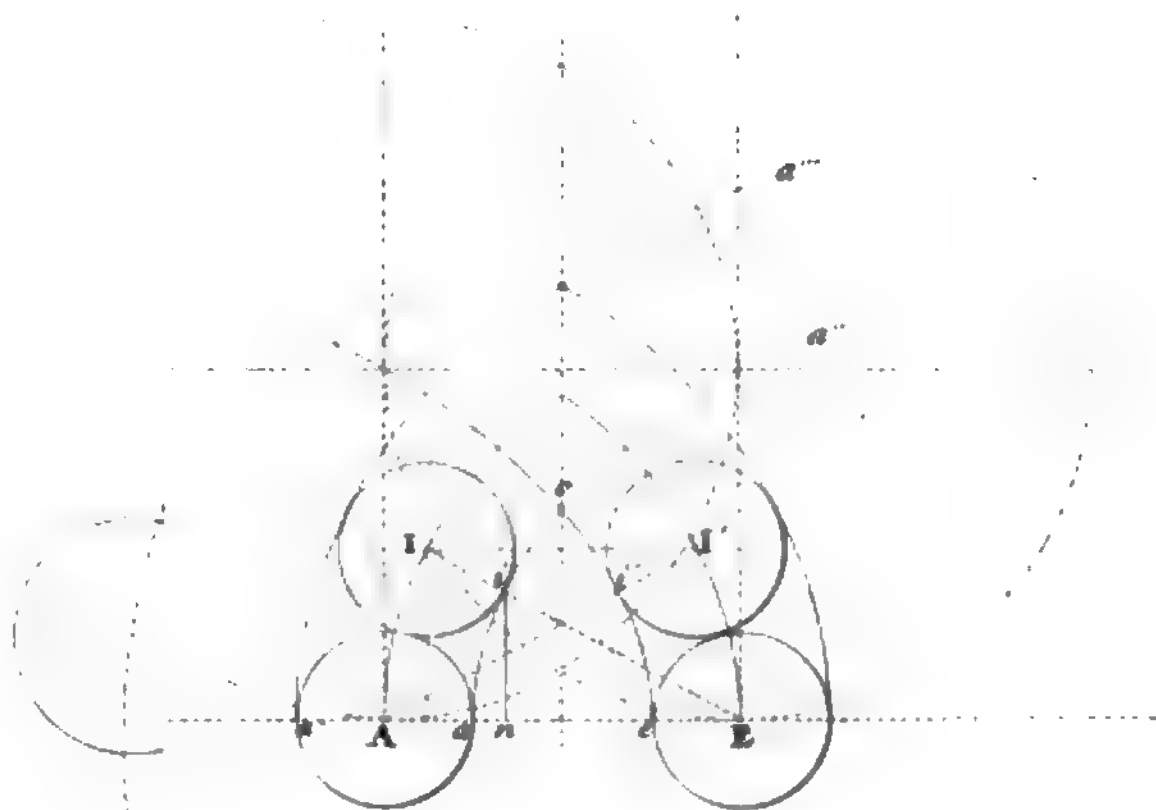
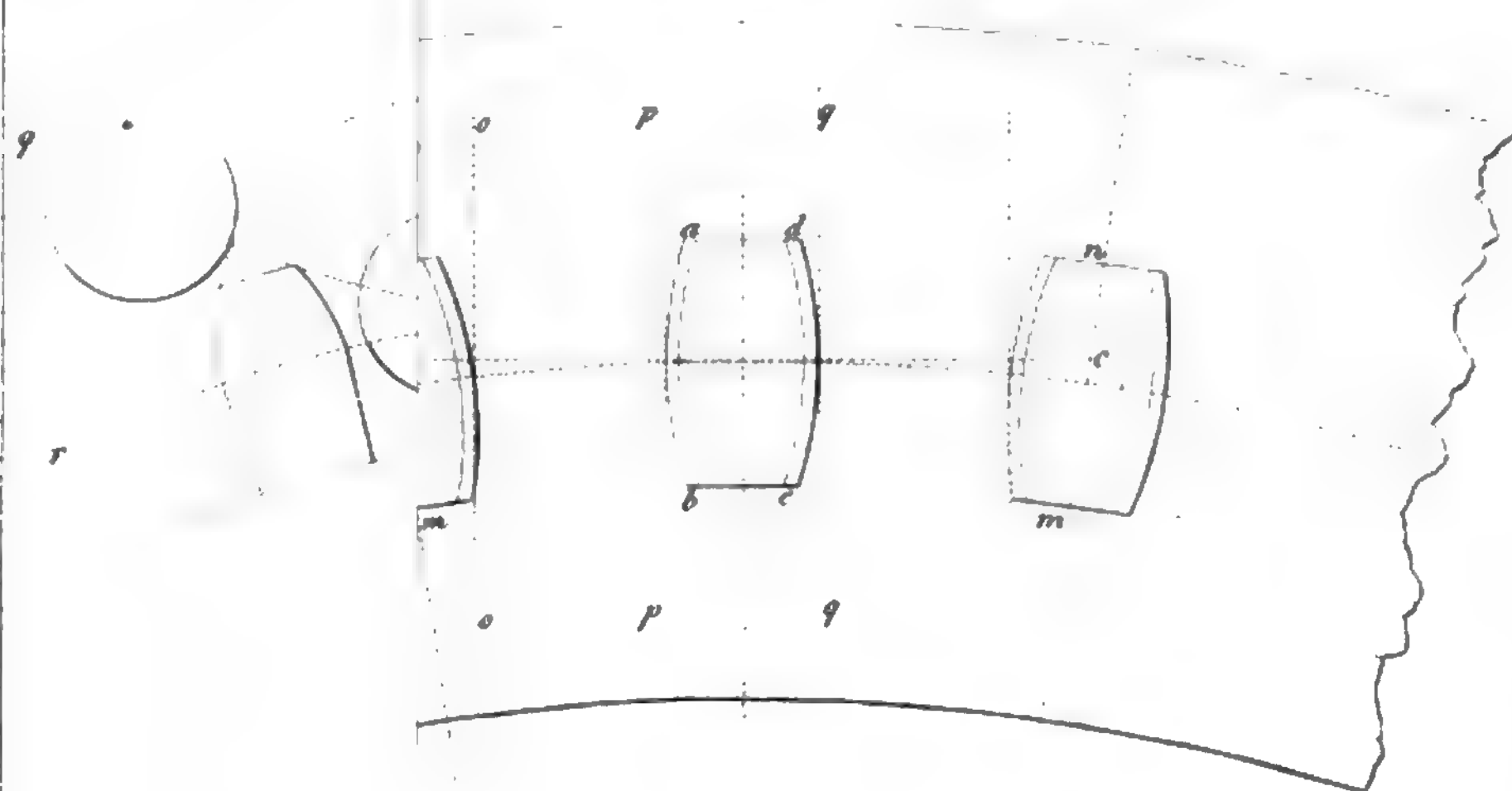


Fig. 317



Fig. 318

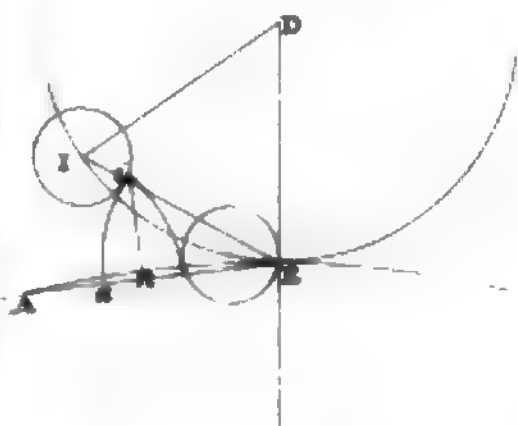
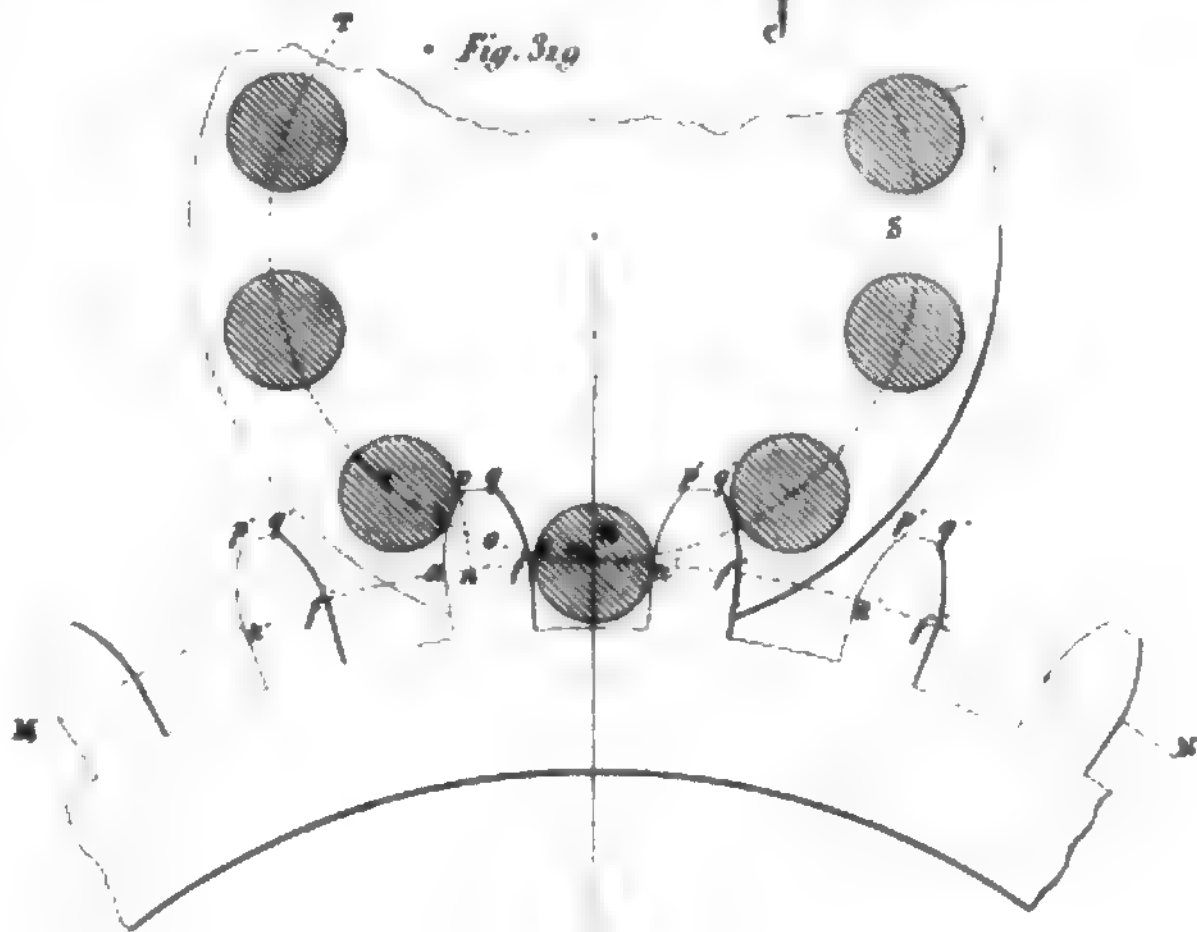
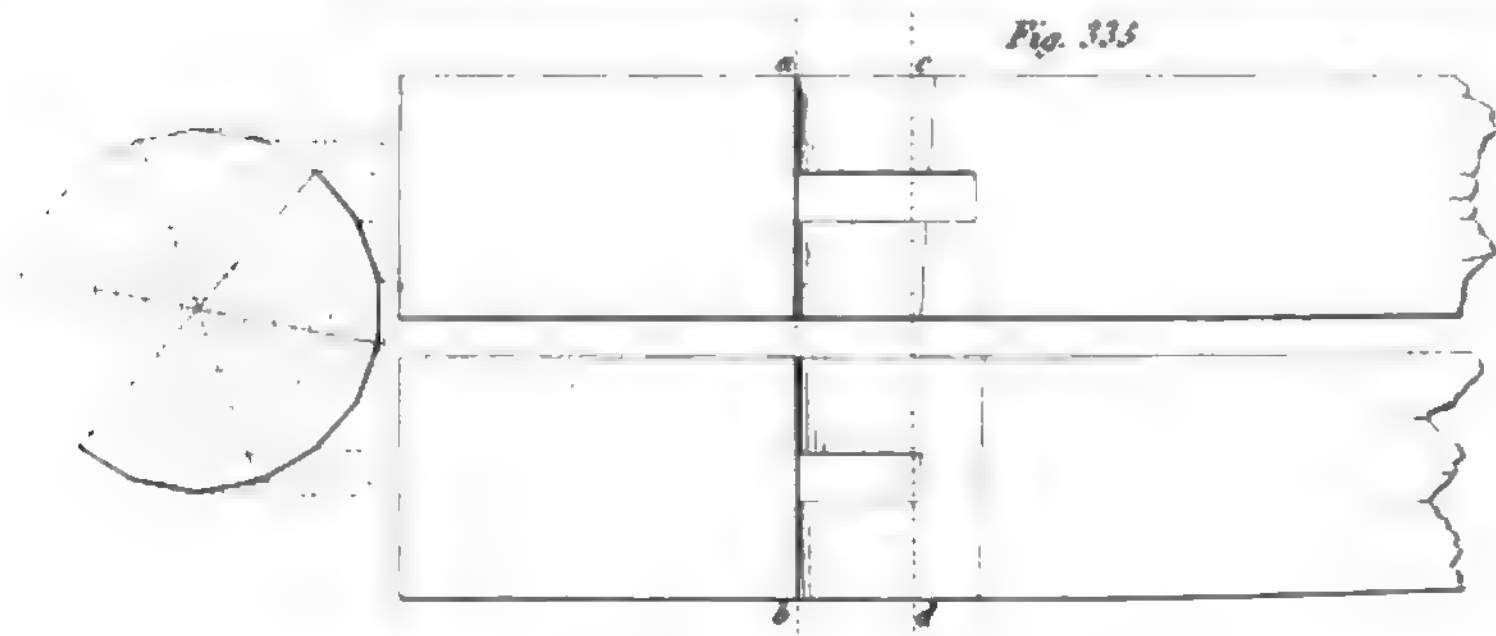
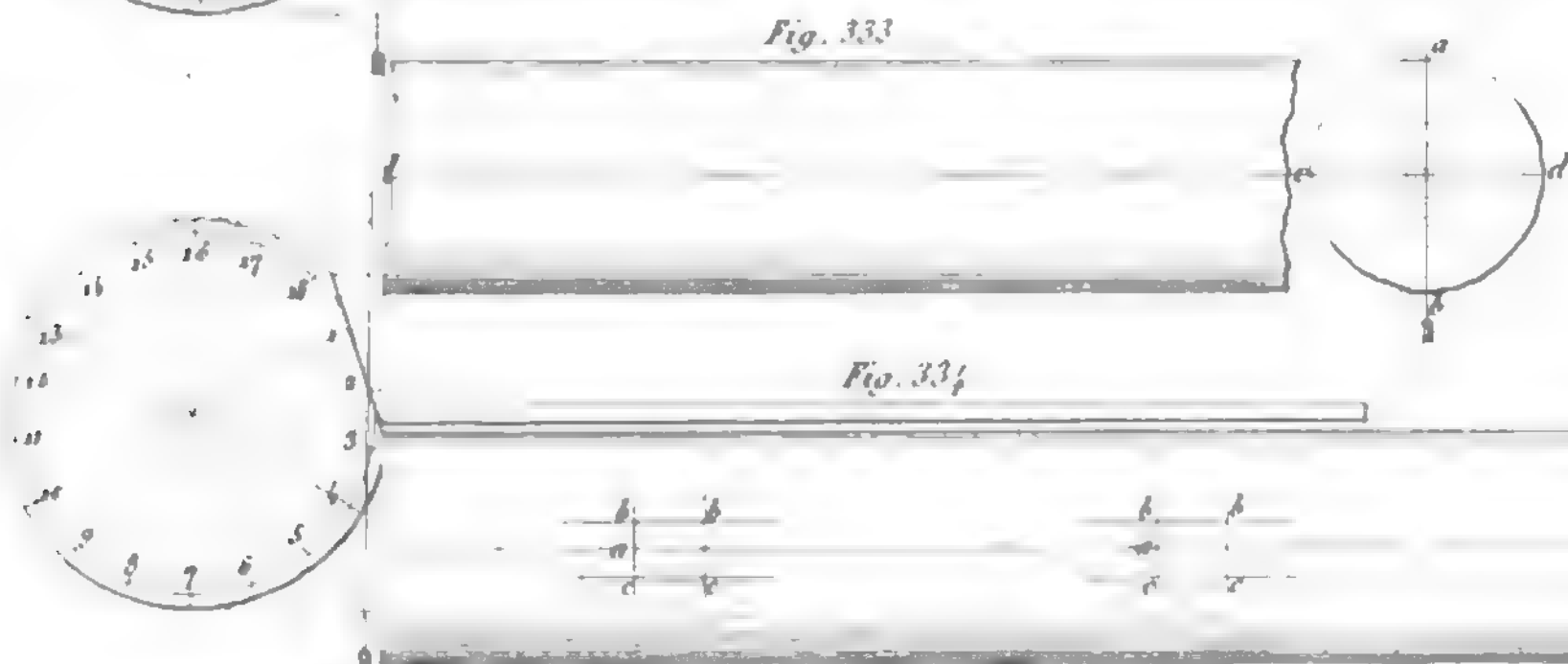
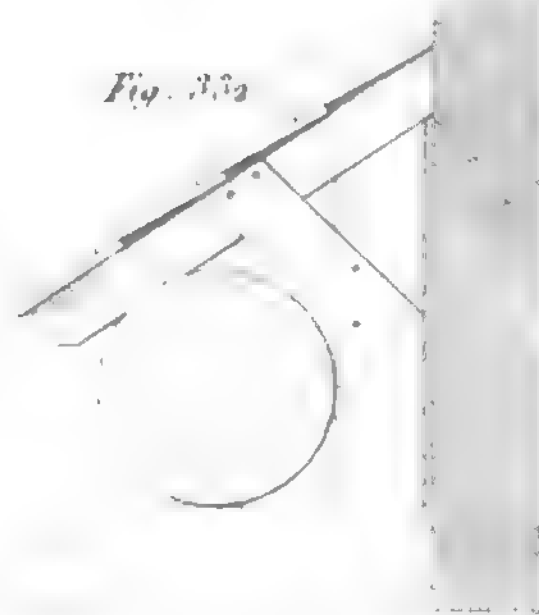
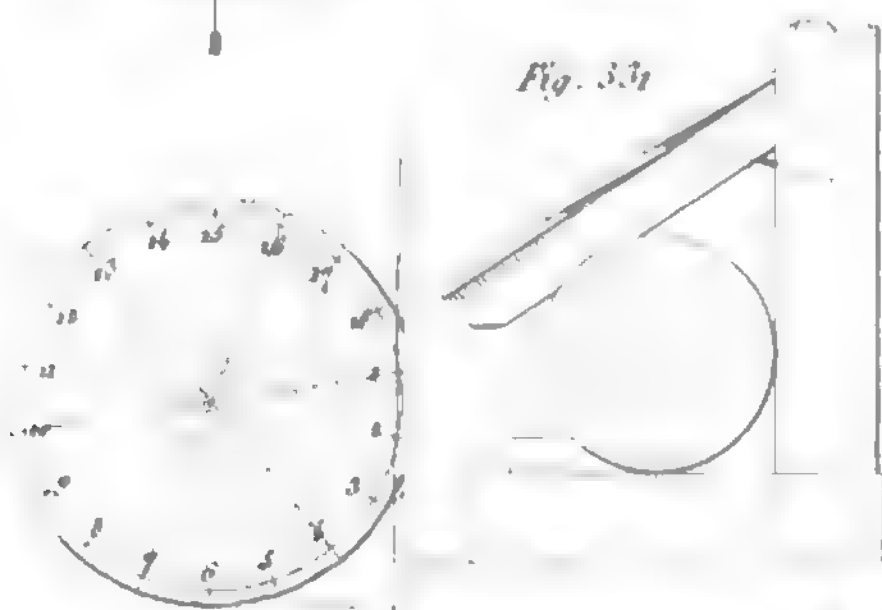
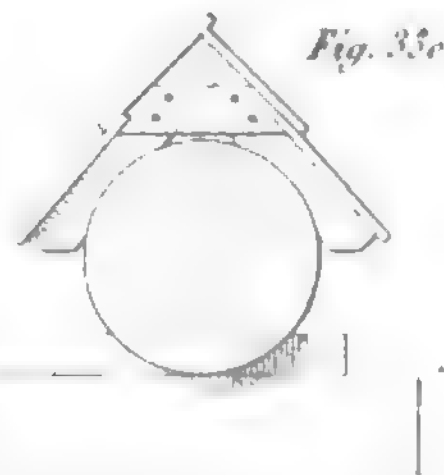
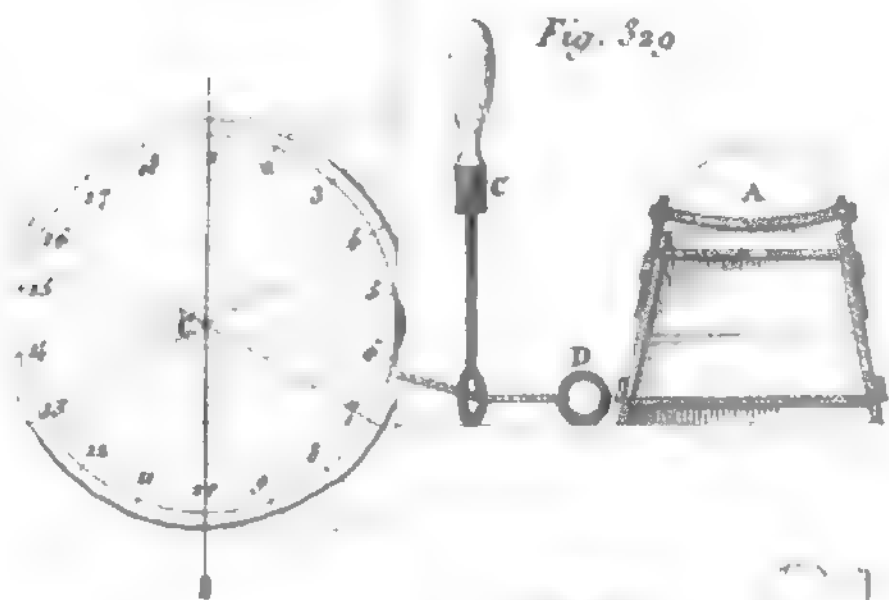
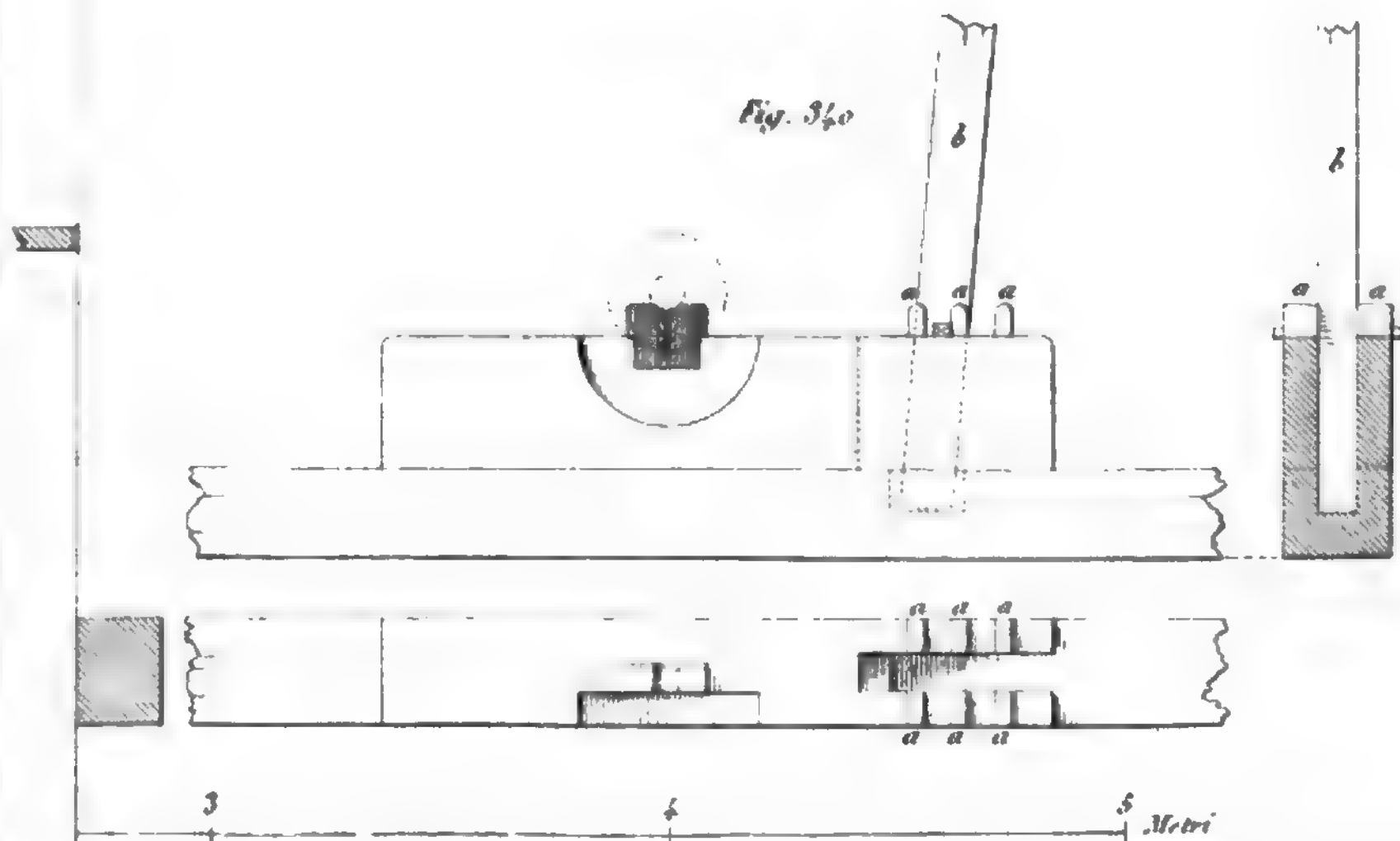
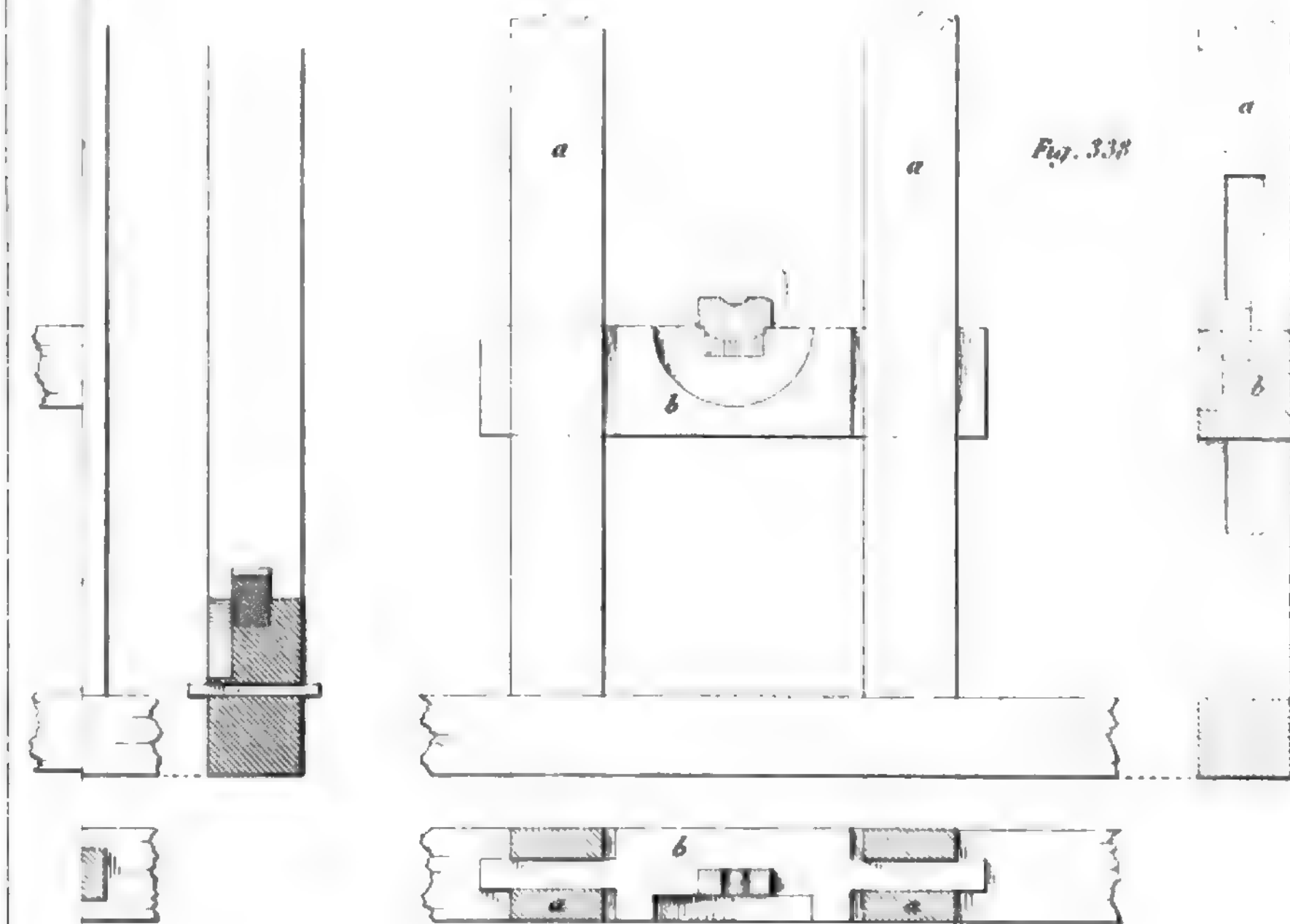


Fig. 319







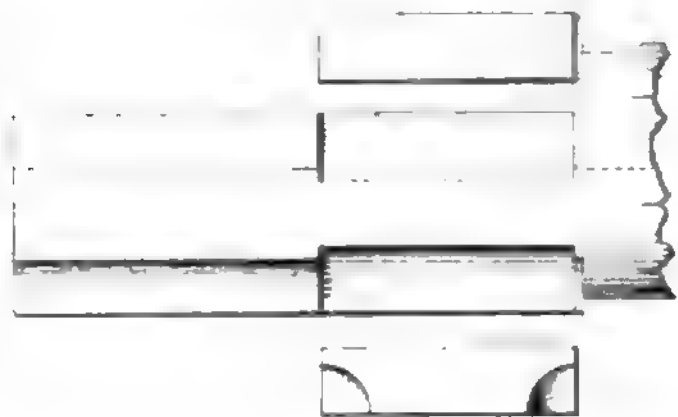


Fig. 362

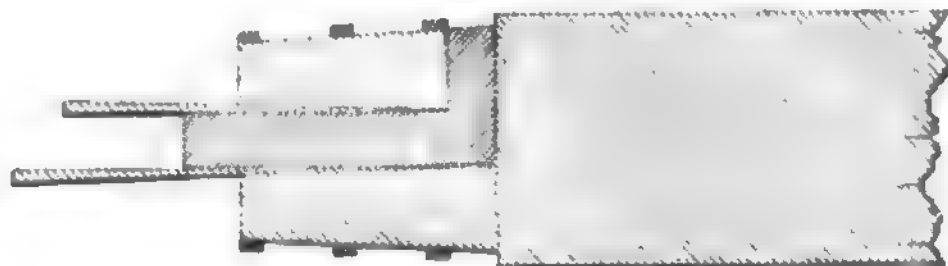


Fig. 363

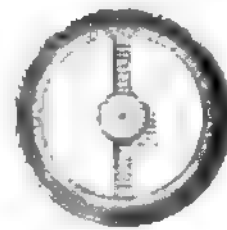
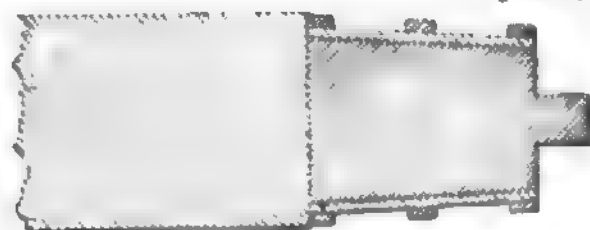


Fig. 366



Fig. 368



Fig. 370

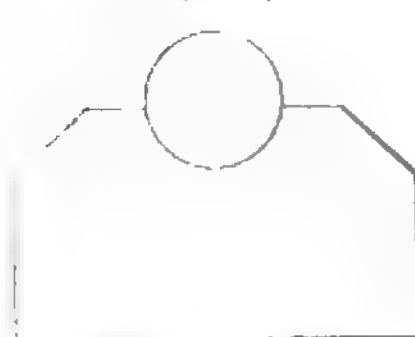


Fig. 372



Fig. 374

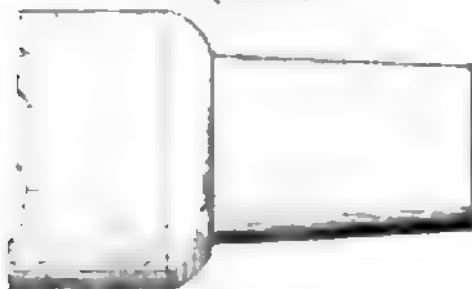


Fig. 376

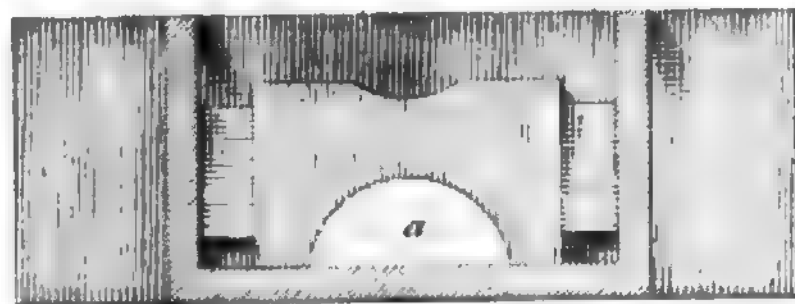


Fig. 378



Fig. 380



Fig. 382

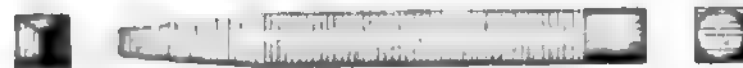


Fig. 384



Fig. 386

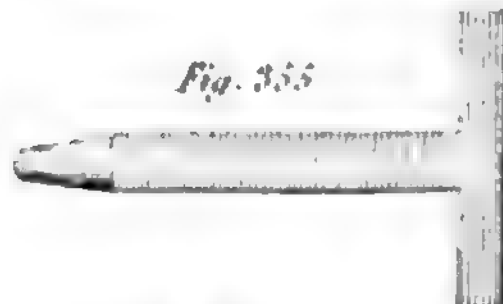
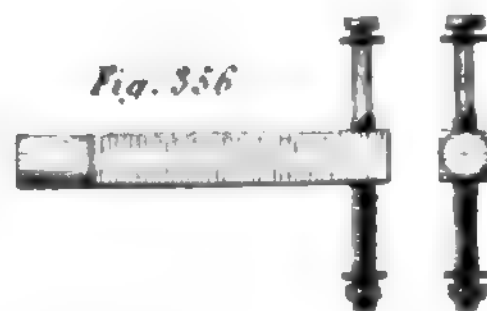


Fig. 388

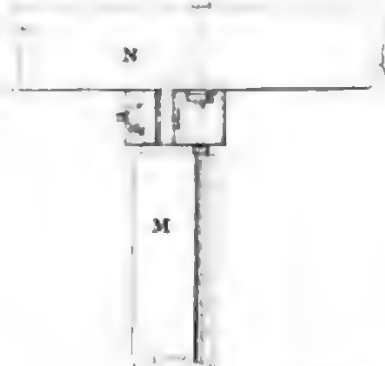
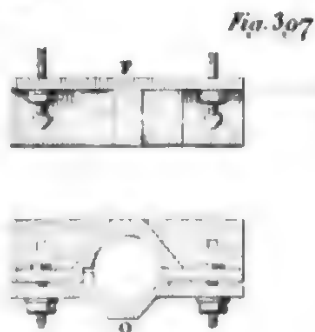
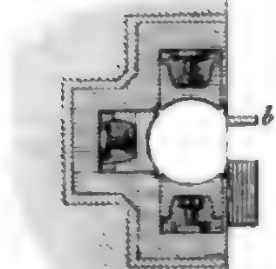
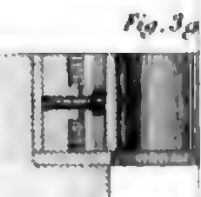
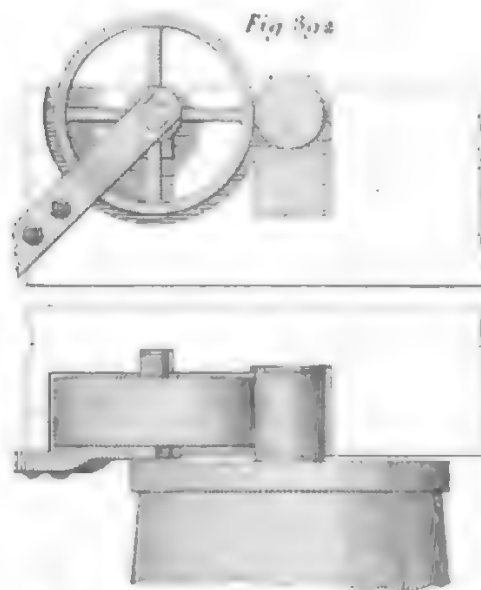
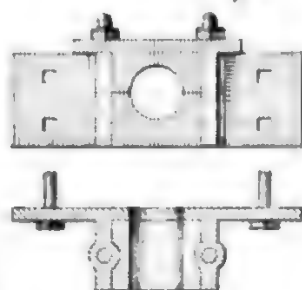
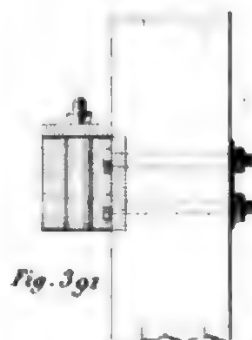
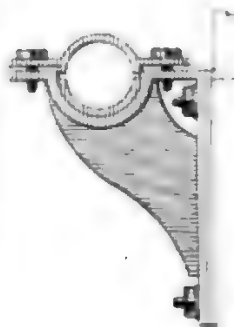
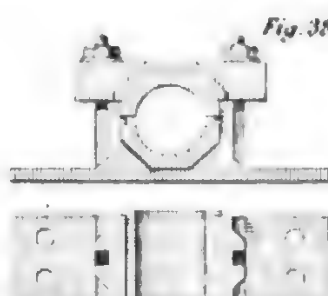
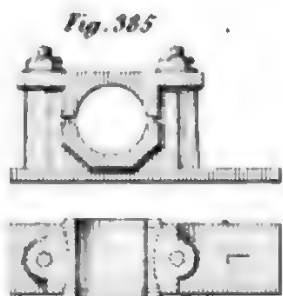
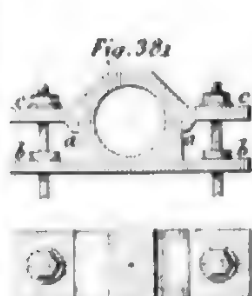
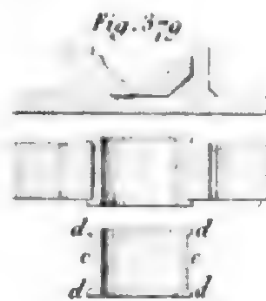
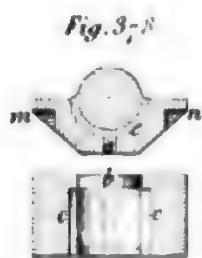
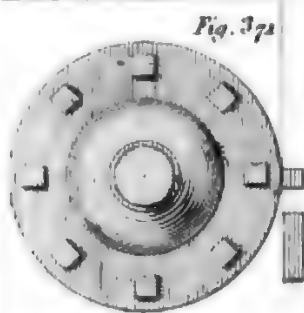


Fig. 390



Metre per le Fig. 385 alla 388

Metre per le Fig. 389 e 390



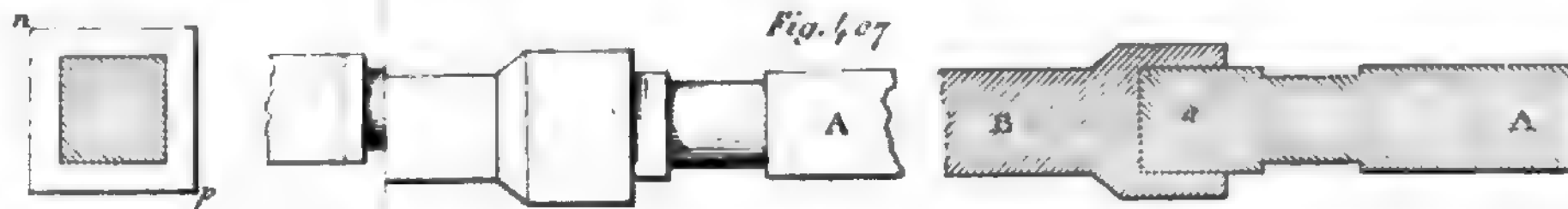


Fig. 407

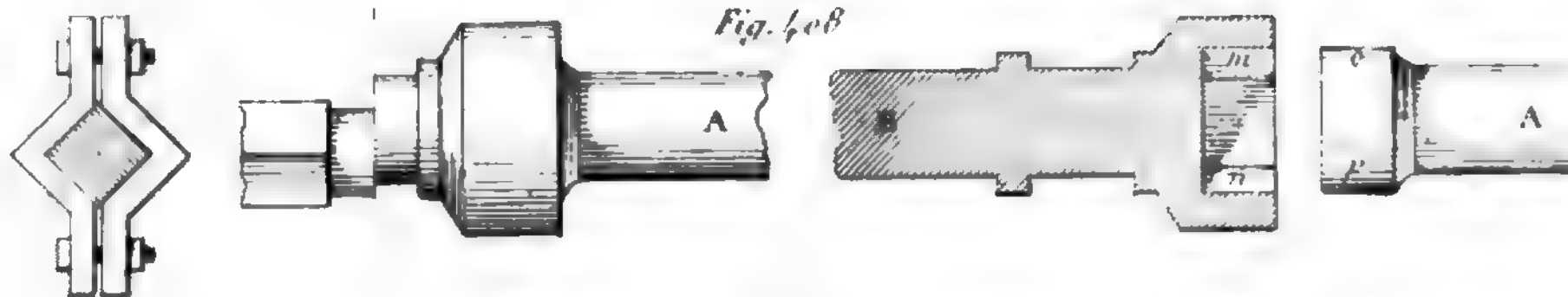


Fig. 408

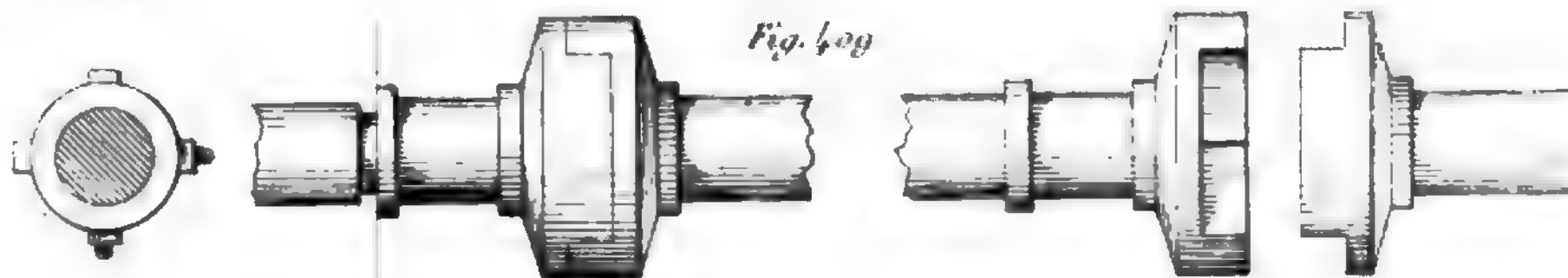


Fig. 409

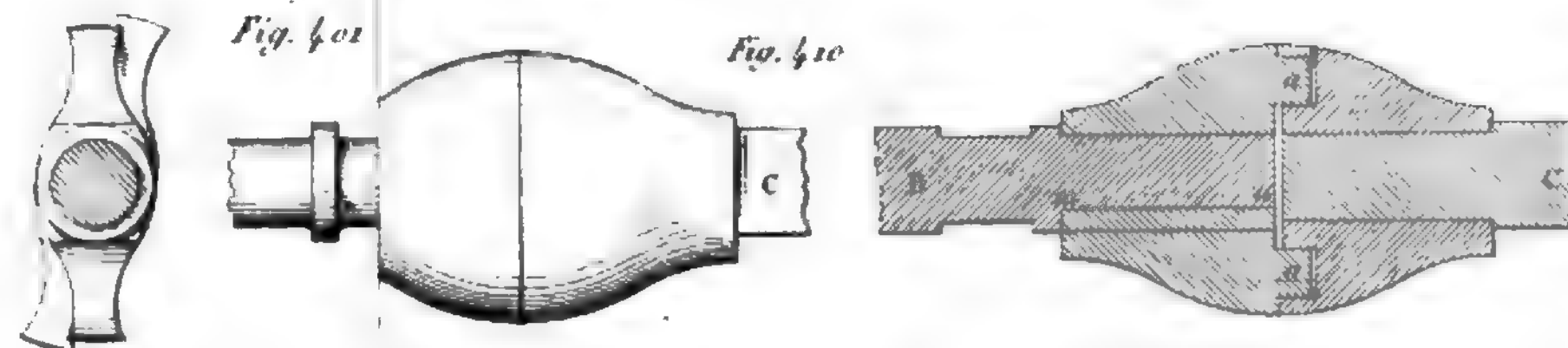


Fig. 410

Fig. 410

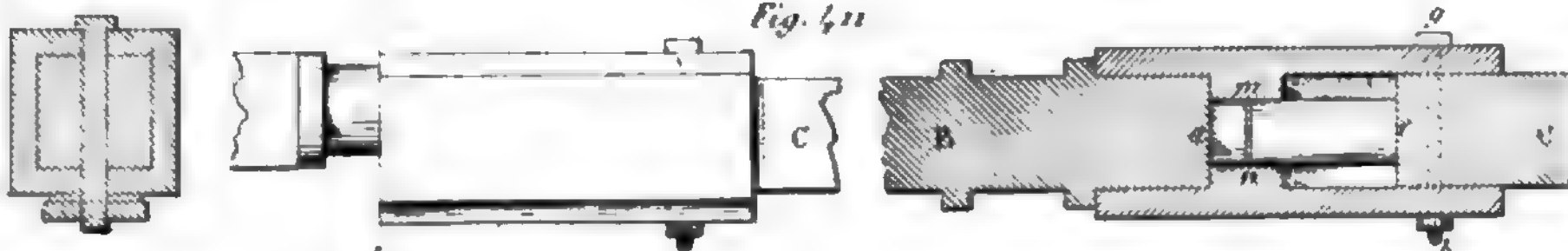


Fig. 411

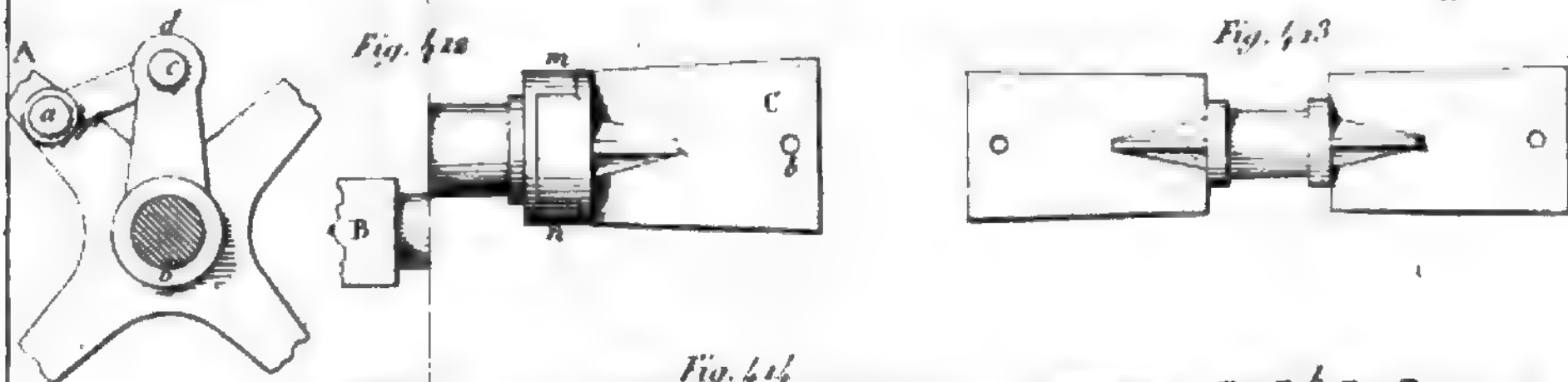


Fig. 412

Fig. 413

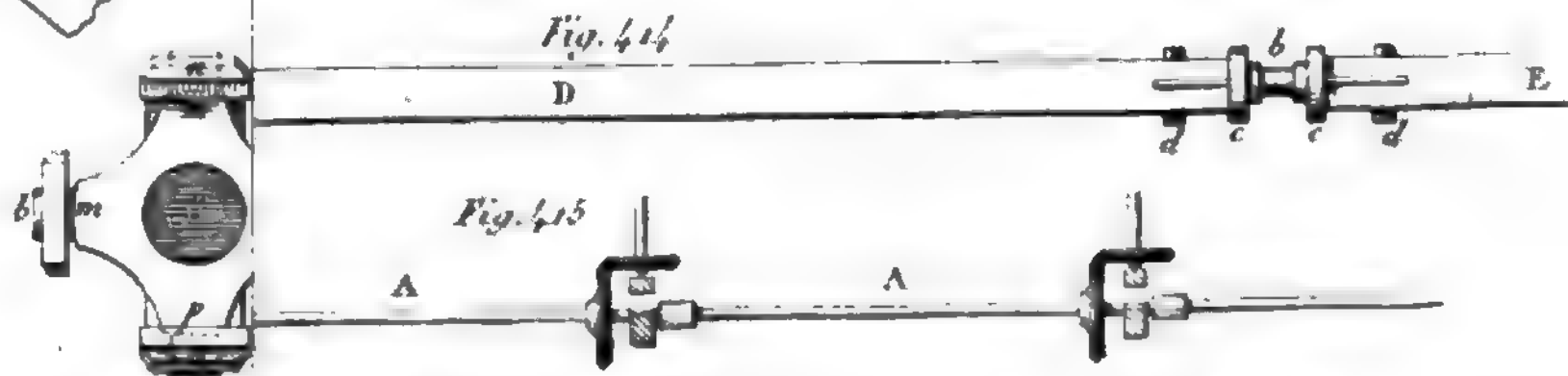


Fig. 414

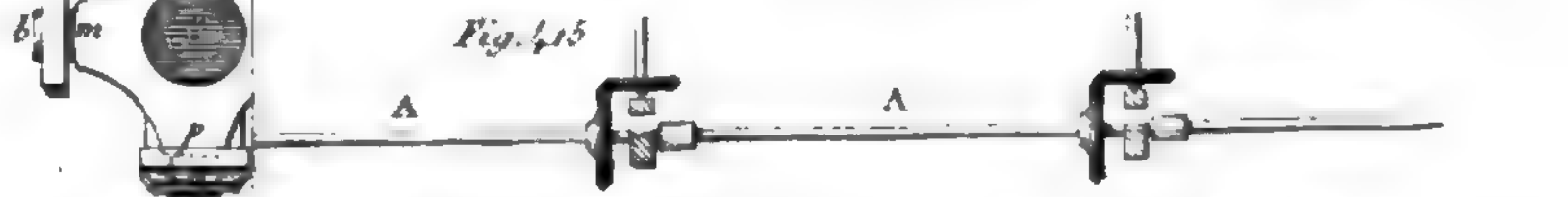


Fig. 415

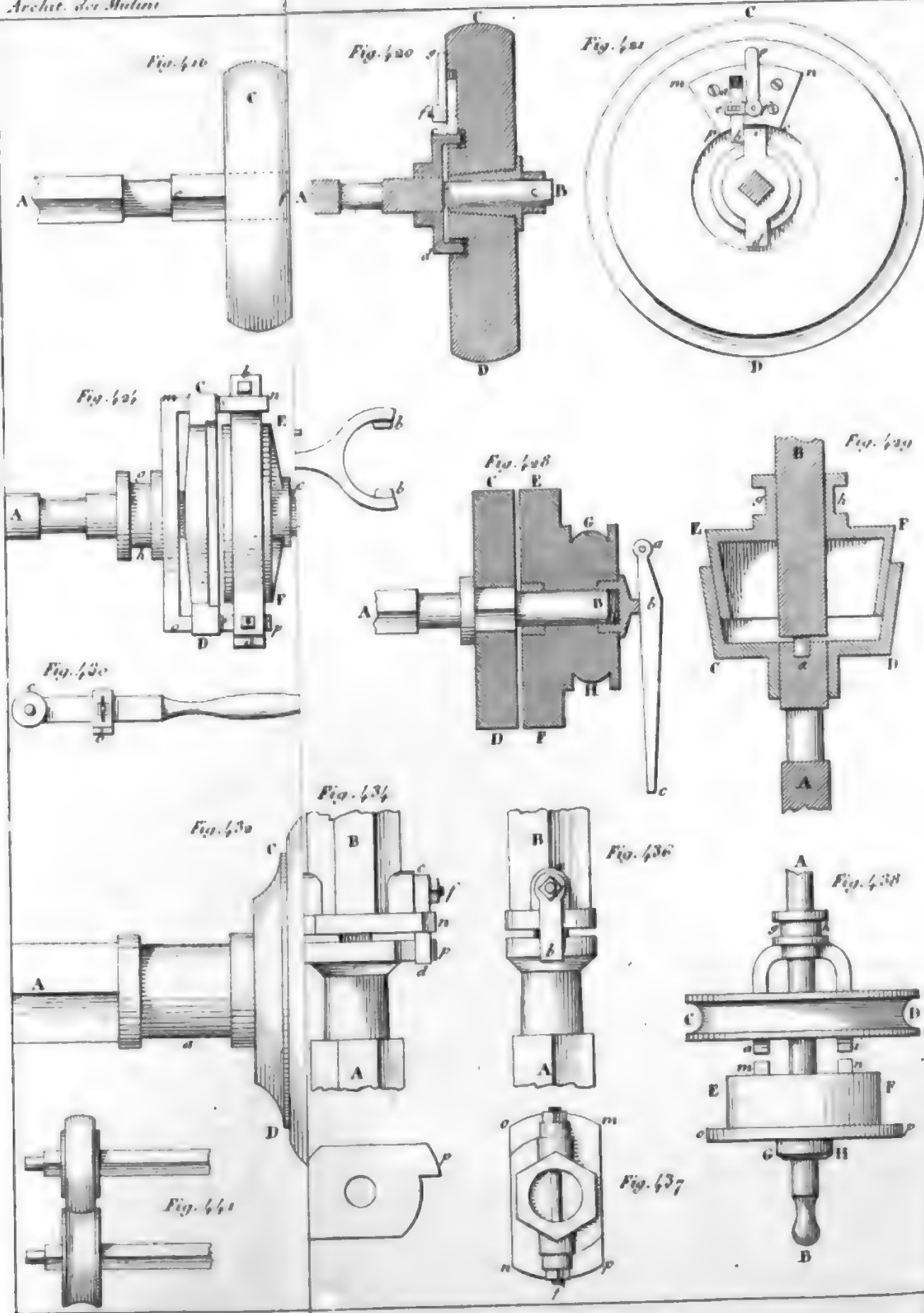


Fig. 44a



Fig. 45a

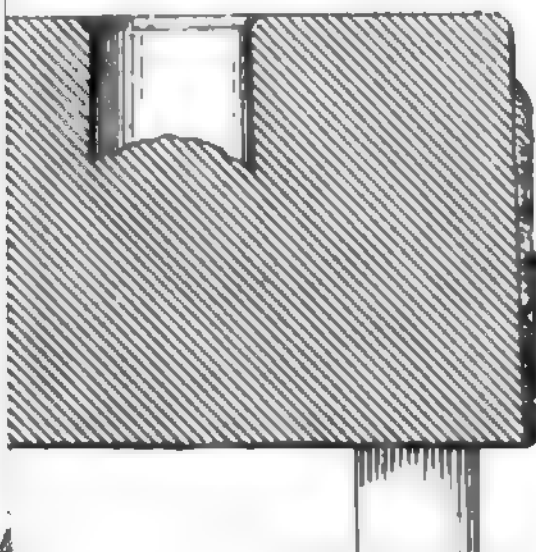


Fig. 453



Fig. 44

Fig. 451

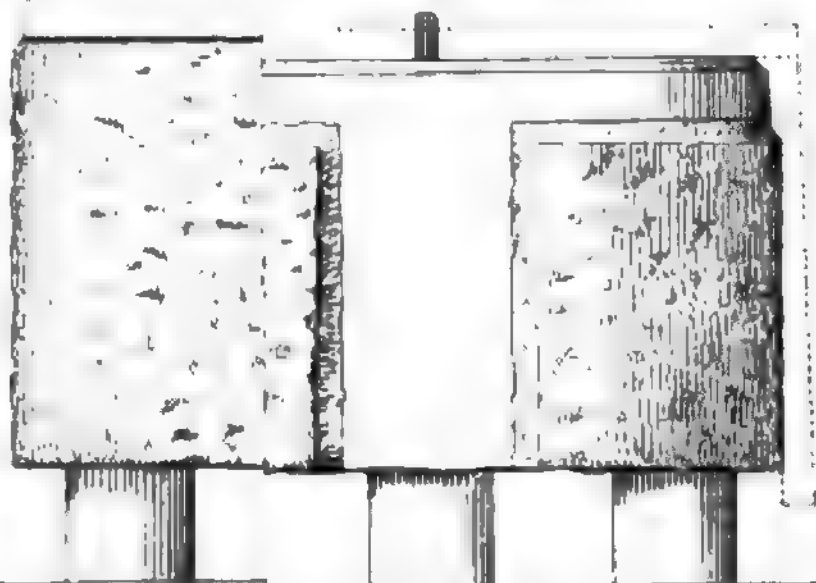


Fig. 455

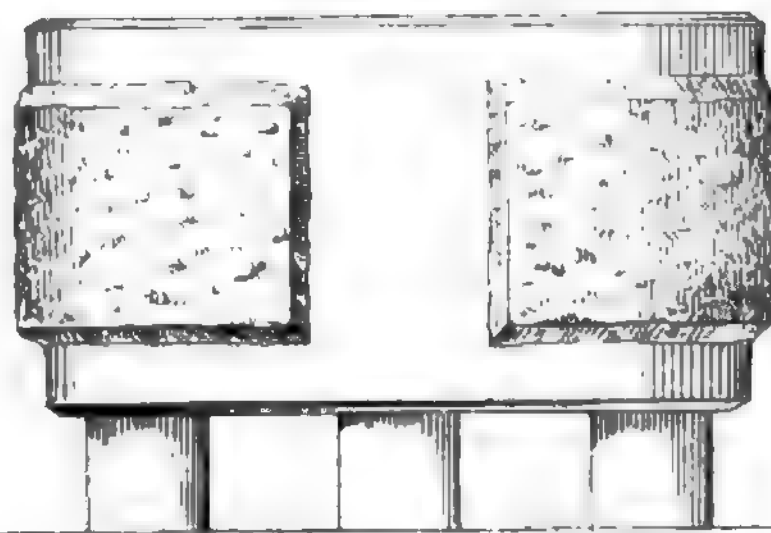


Fig. 448

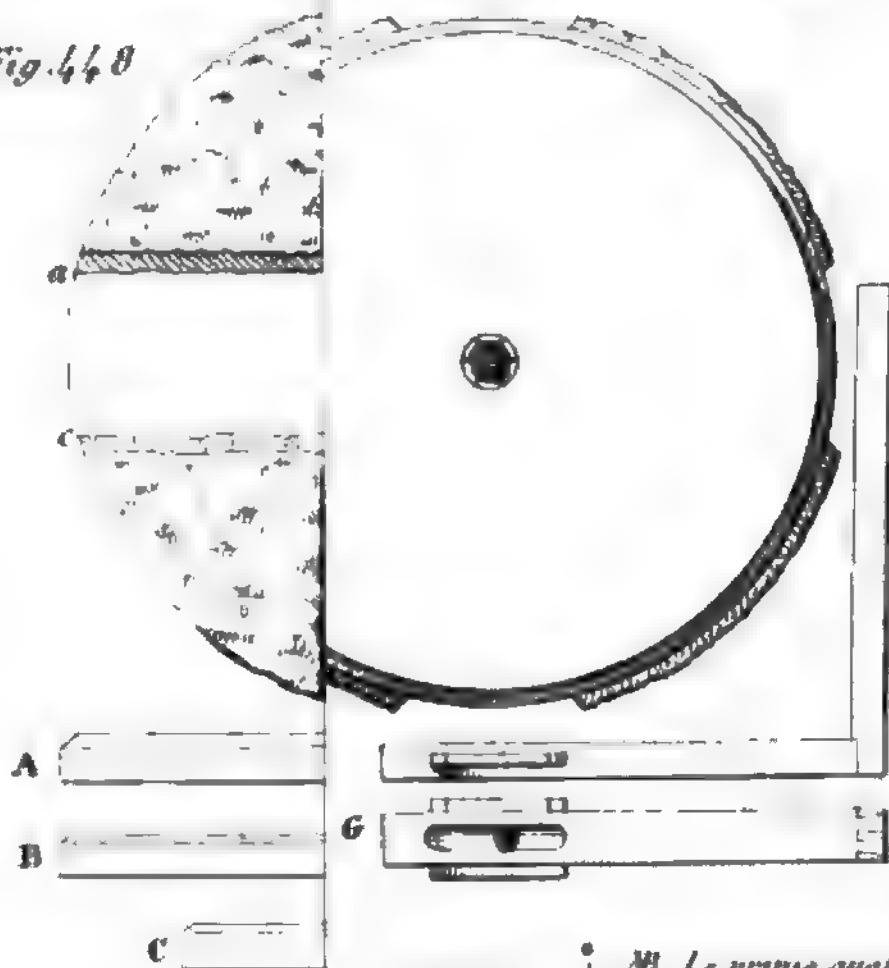
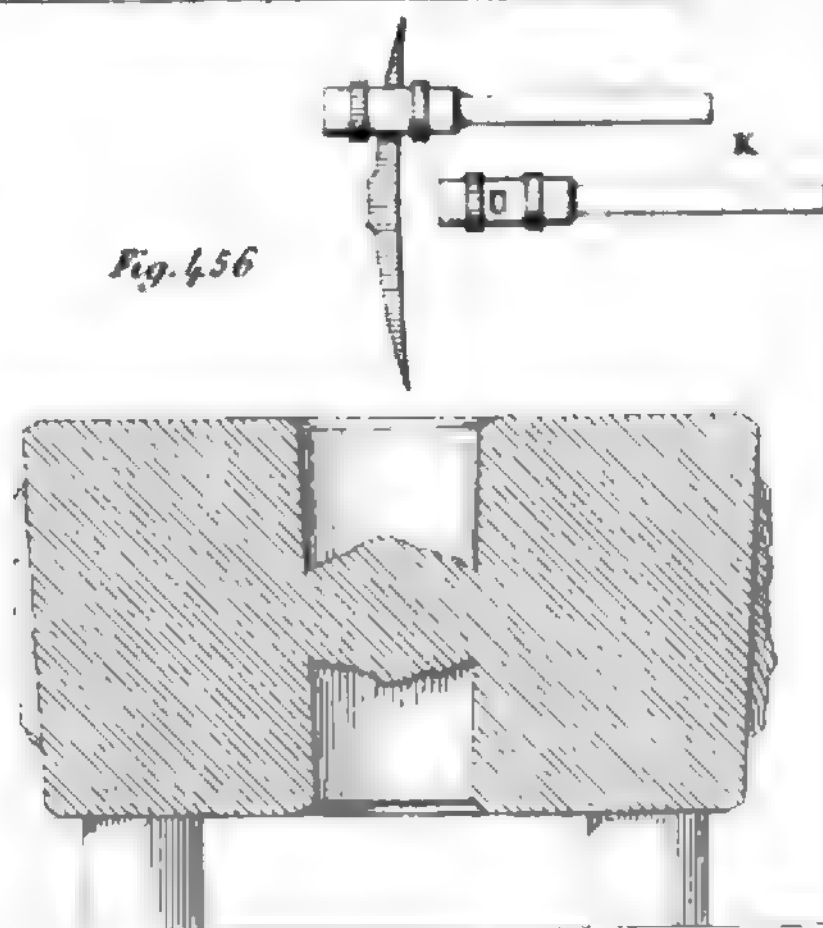


Fig. 456



AB. Le prime quattro figure sono miniate con vernice doppia

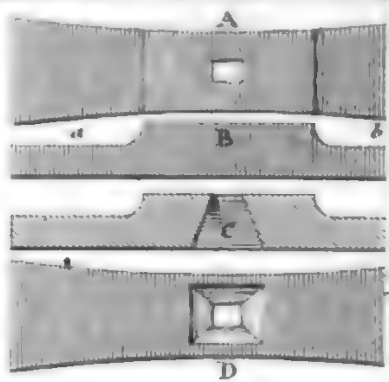


Fig. 458



Fig. 459



Fig. 461



Fig. 463

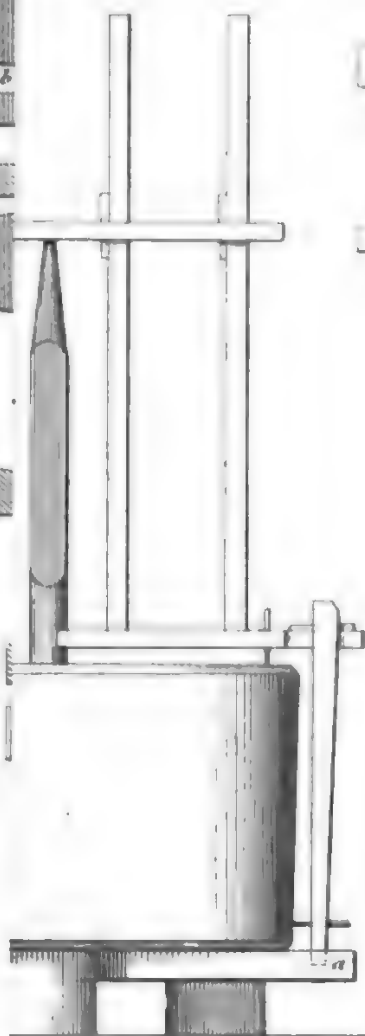


Fig. 465

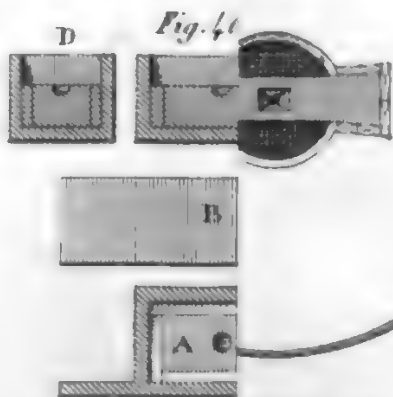


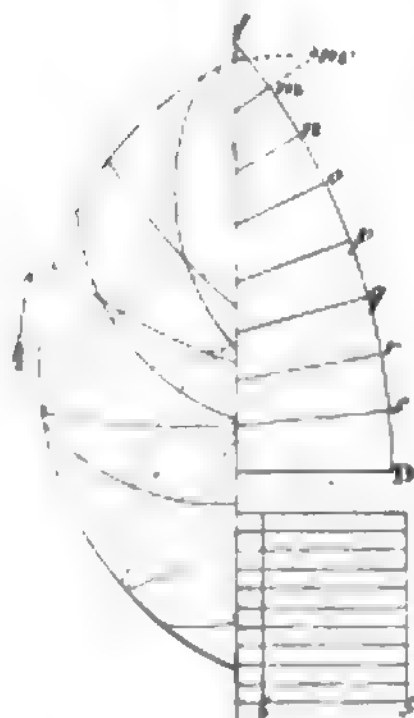
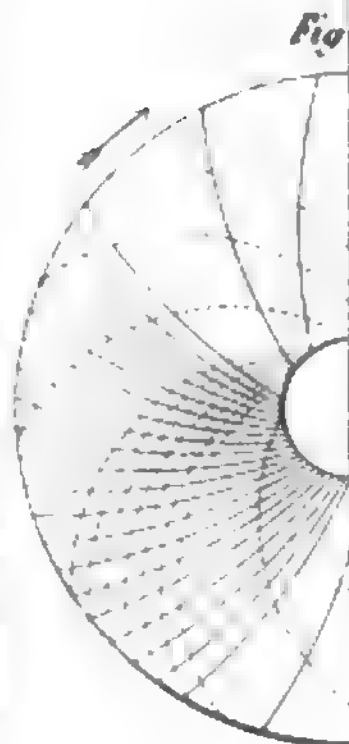
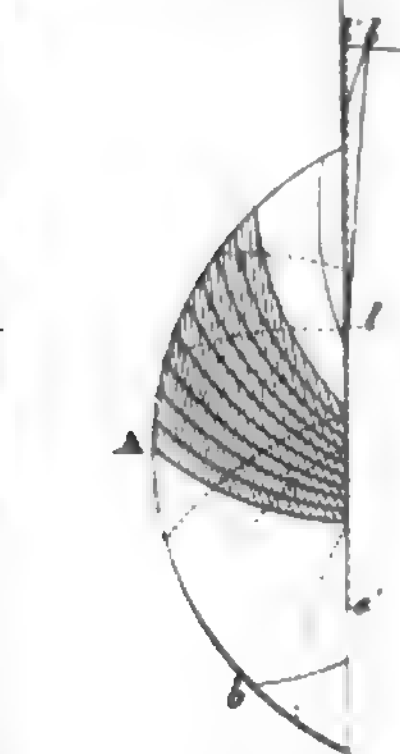
Fig. 466



Fig. 467



Per la Fig. 465 alla 470
Per la Fig. 467 alla 469
Per la Fig. 471



Scala

Fig. 483

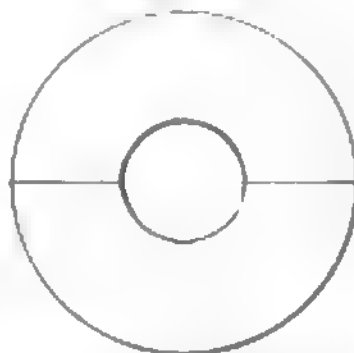


Fig. 484

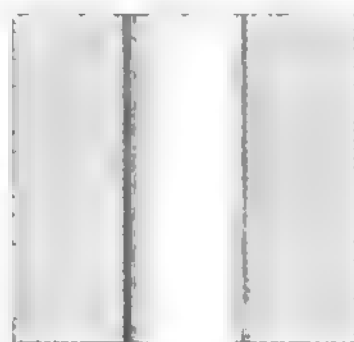


Fig. 485

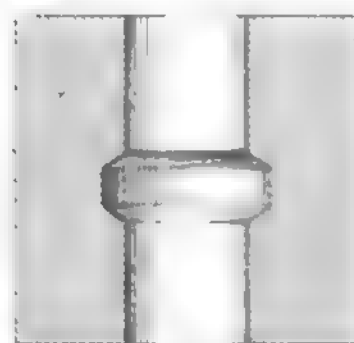


Fig. 486

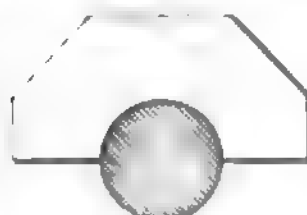


Fig. 487

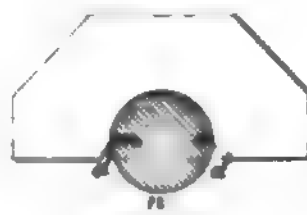


Fig. 488

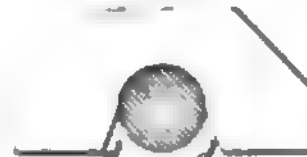


Fig. 489

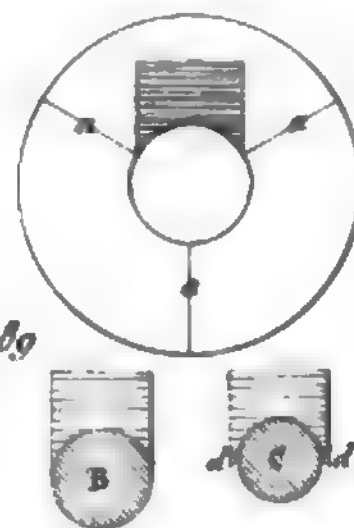


Fig. 490



Fig. 491



Fig. 492

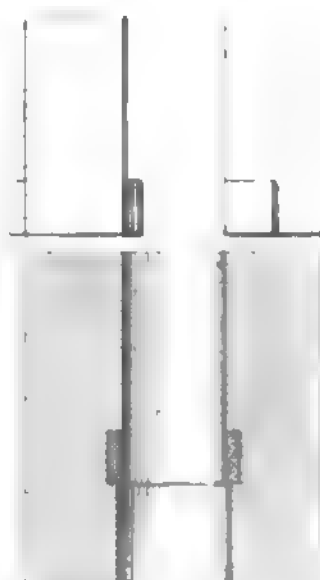


Fig. 493

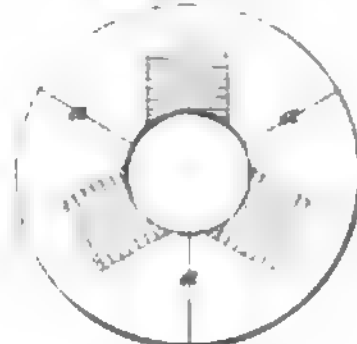


Fig. 494

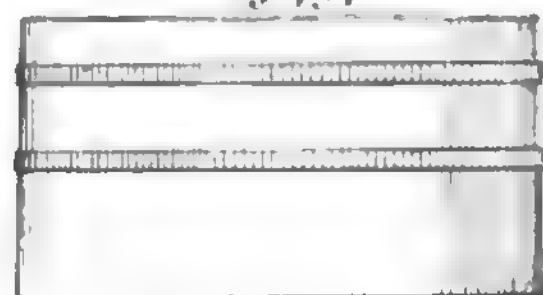
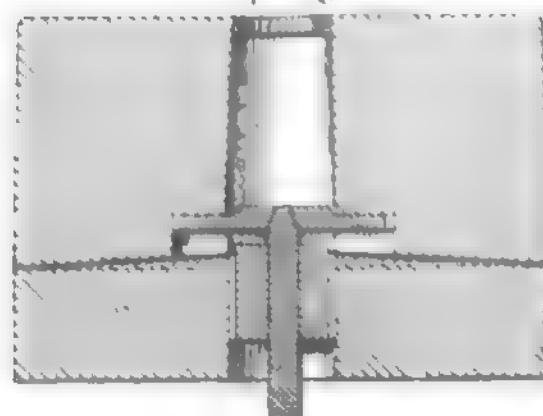


Fig. 495



Messa dalla fig. 483 alla 493

Fig. 499

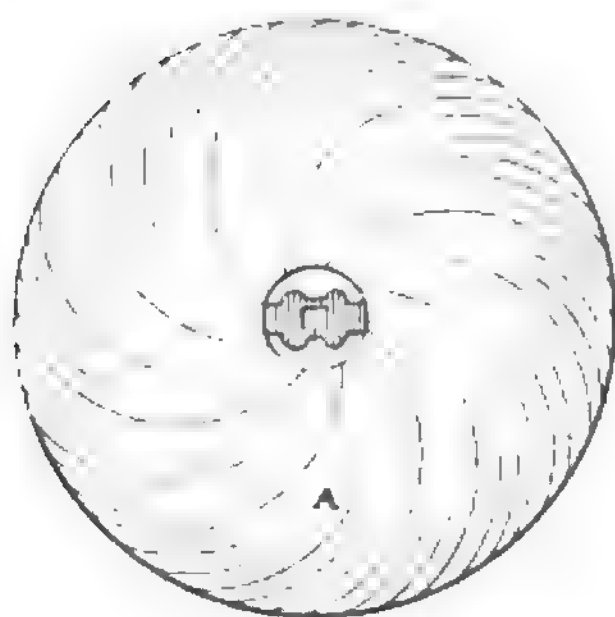
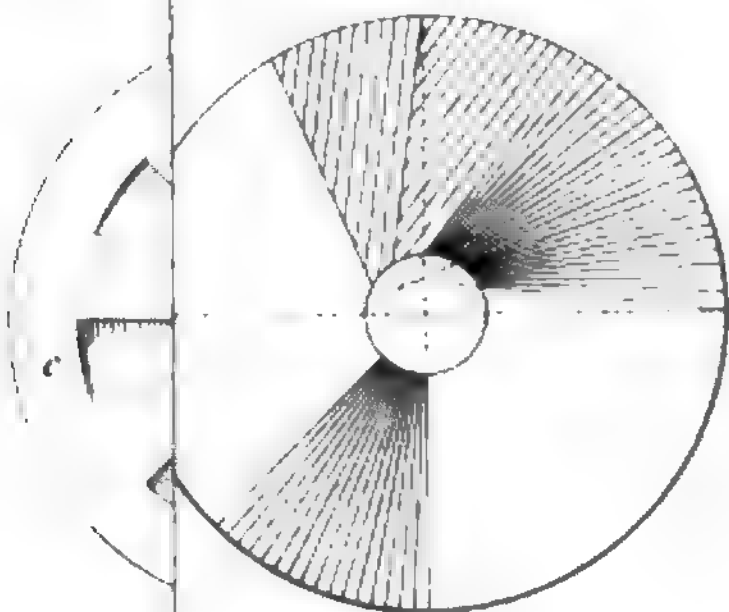


Fig. 500

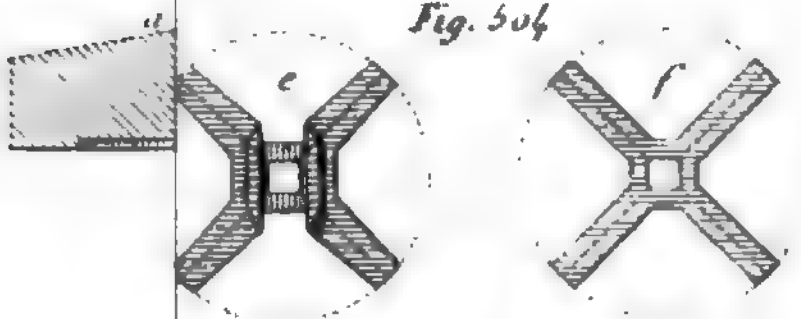


Fig. 504

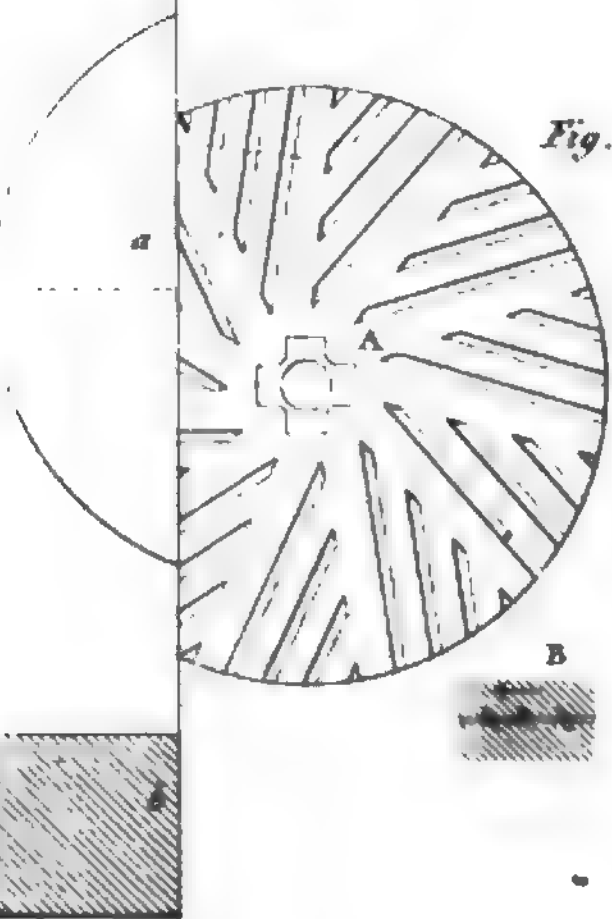
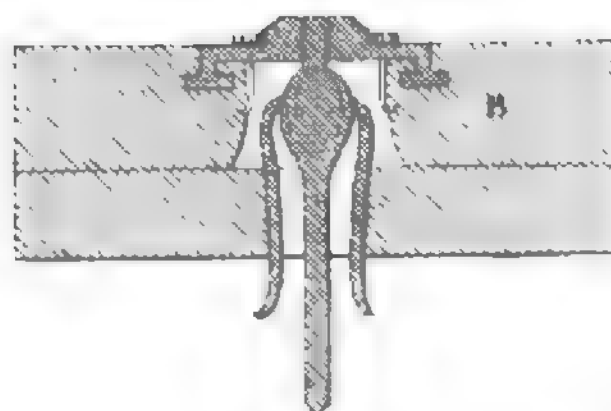


Fig. 506

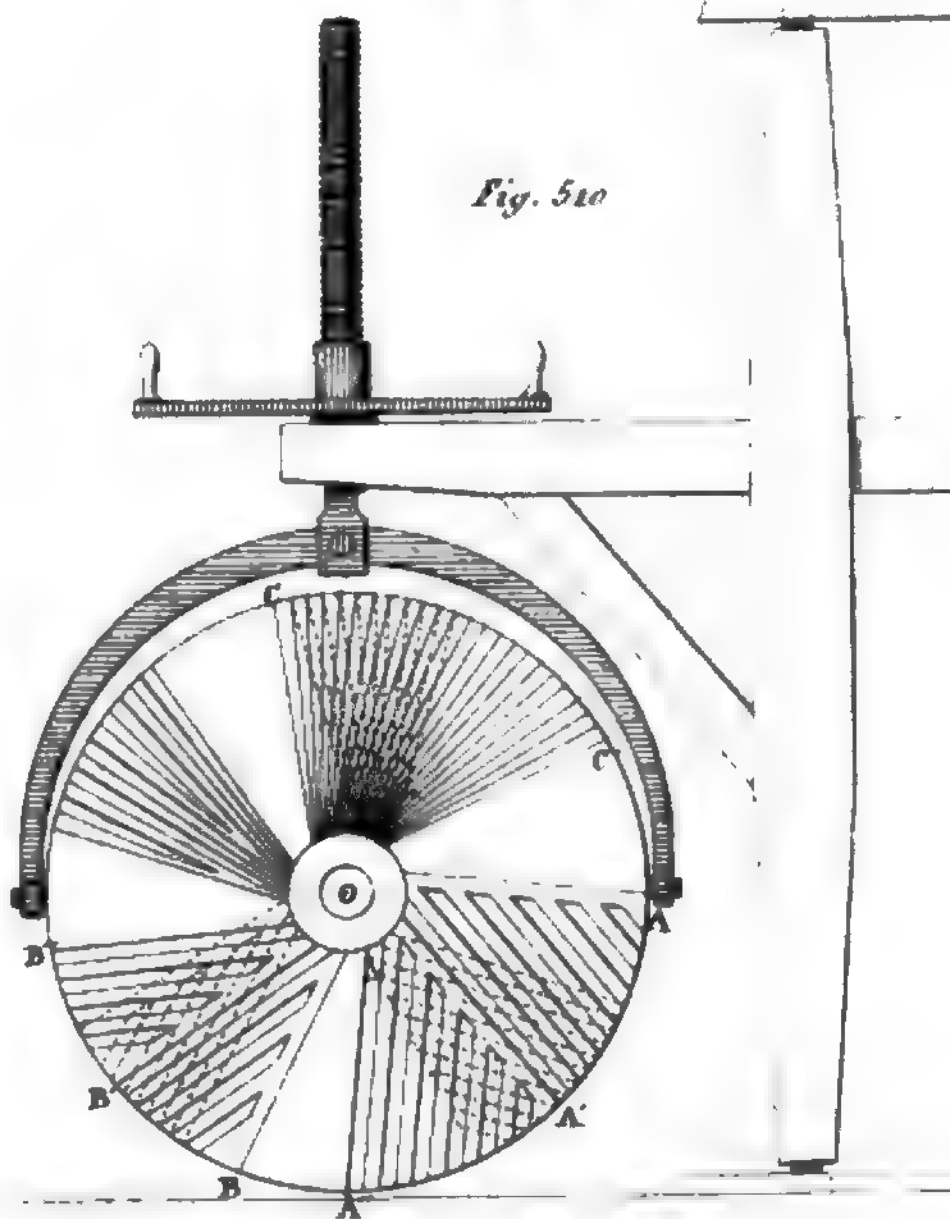


Fig. 510

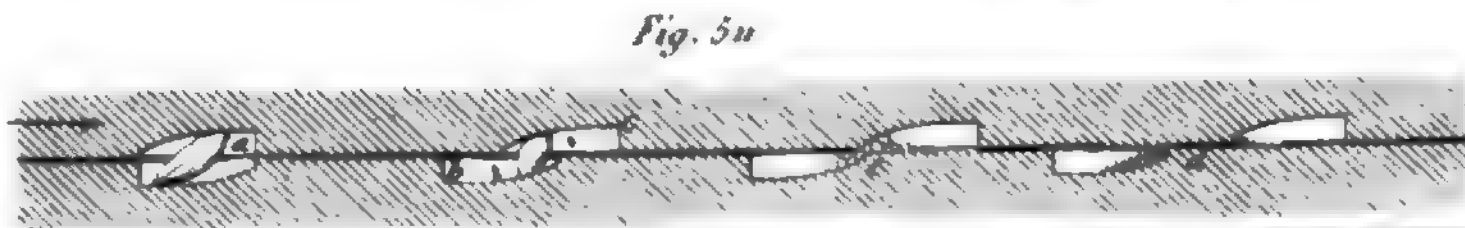


Fig. 511

Fig. 510

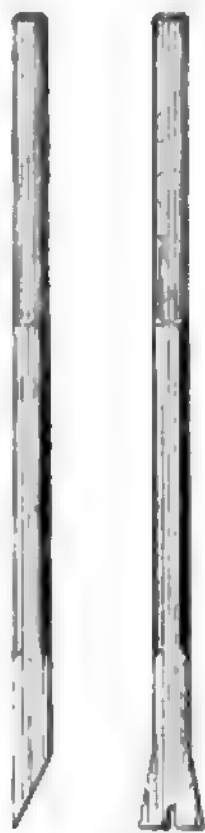


Fig. 511

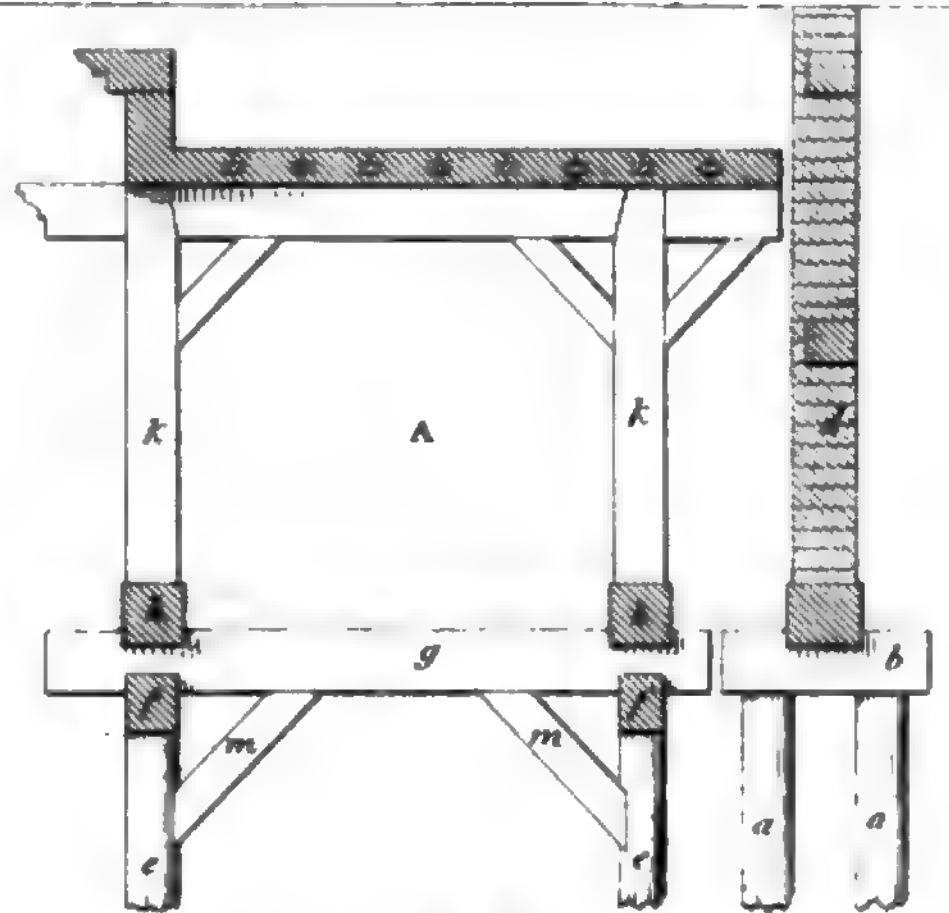
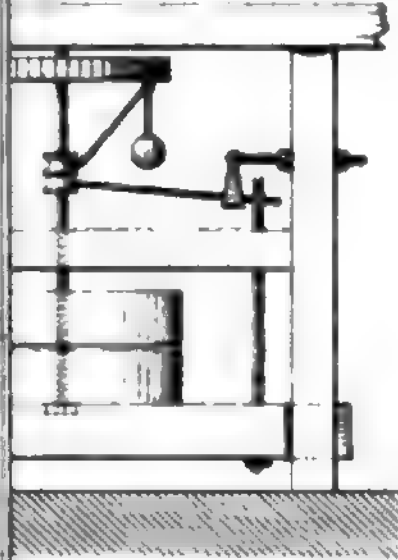


Fig. 516



Fig. 514

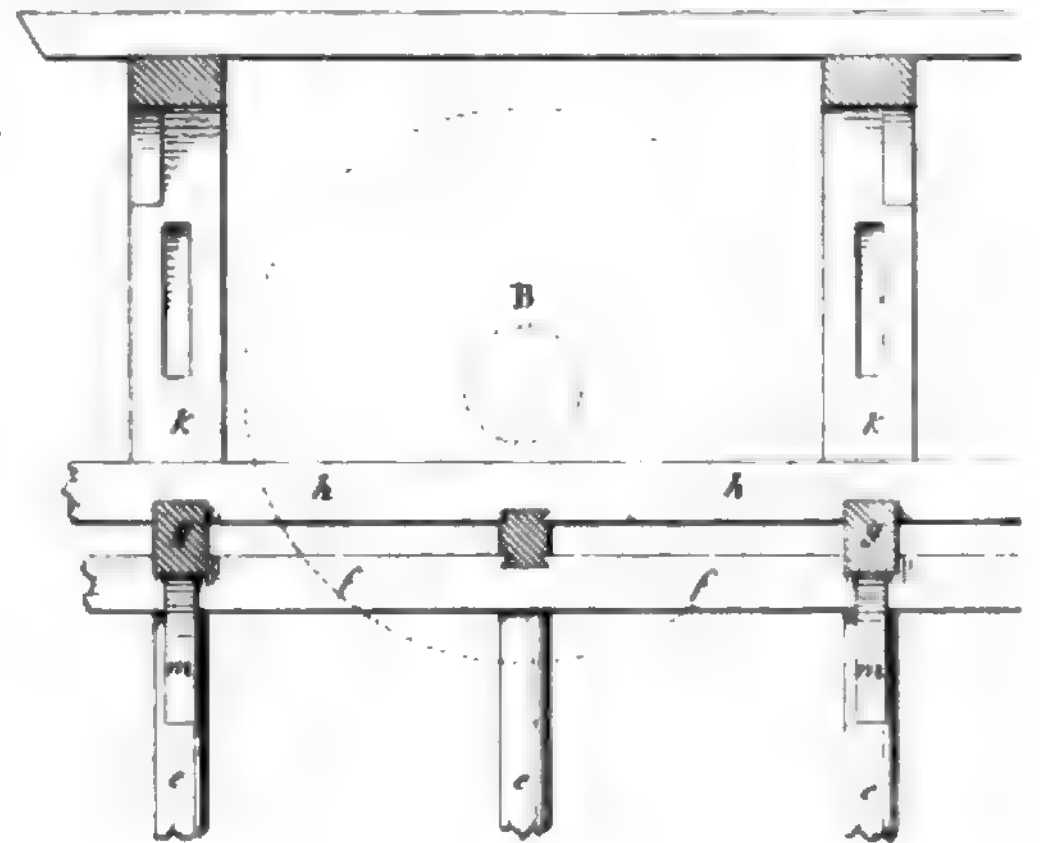
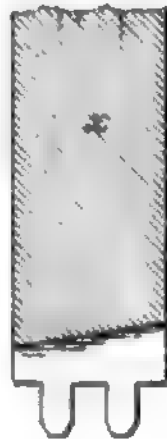
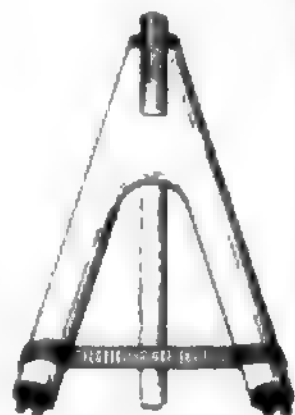


Fig. 514

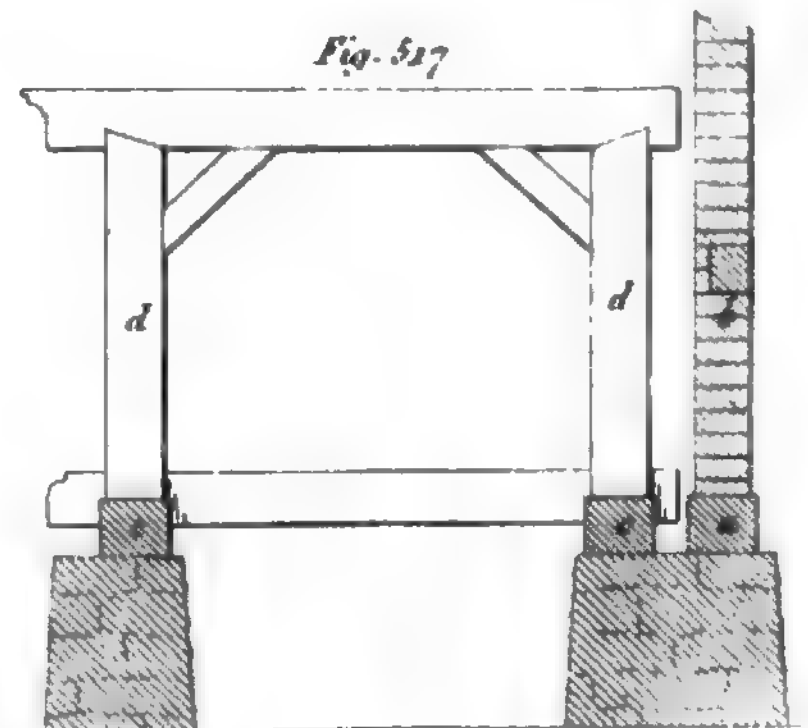


Scala di

2

9 Metri per le
Fig. 516, 517

Fig. 517



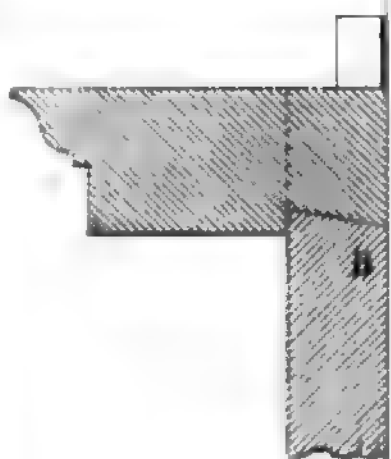
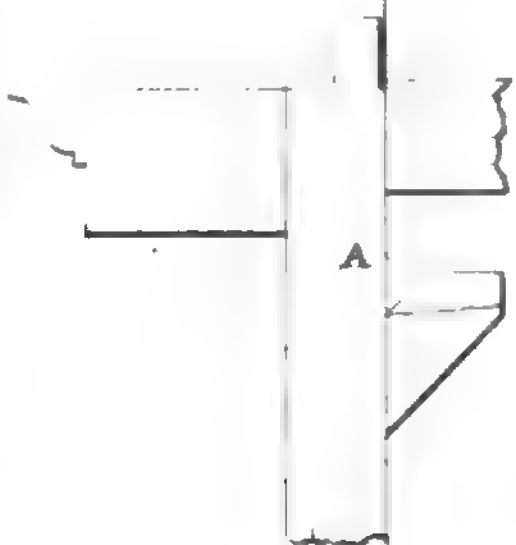


Fig. 535

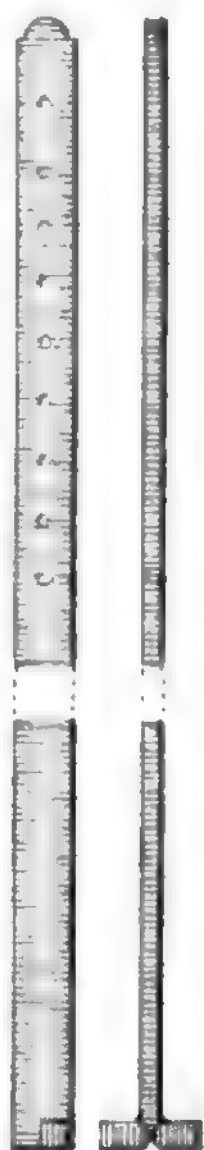


Fig. 536

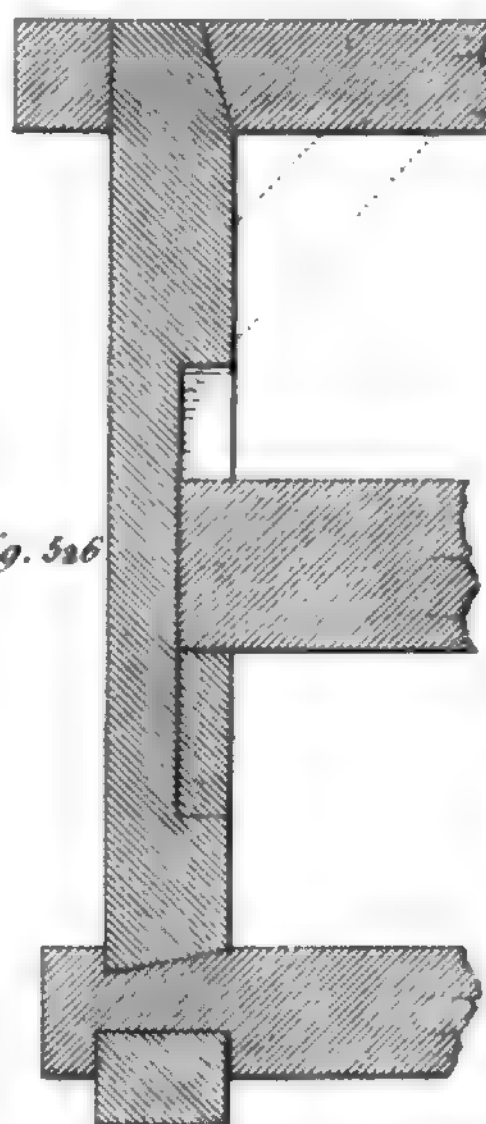
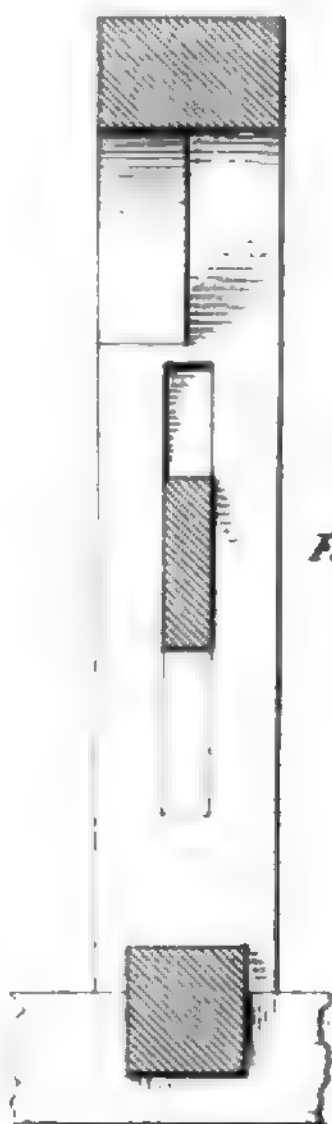


Fig. 531

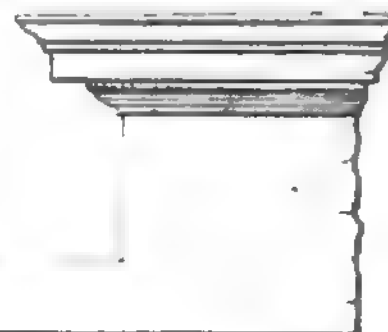
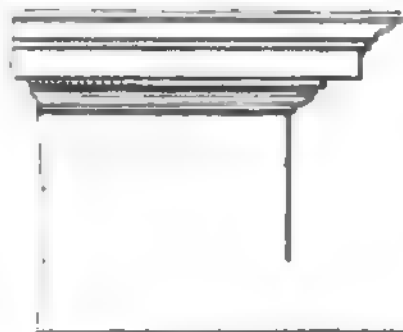


Fig. 532

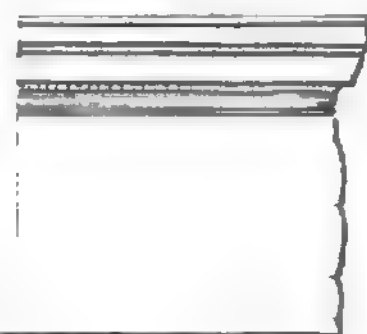


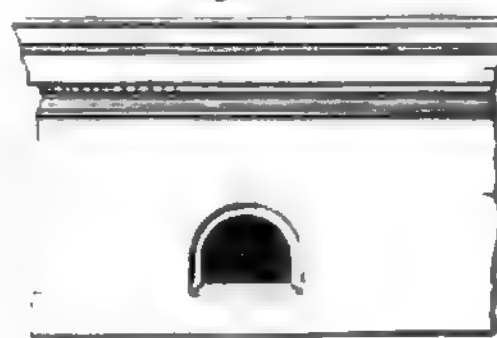
Fig. 533

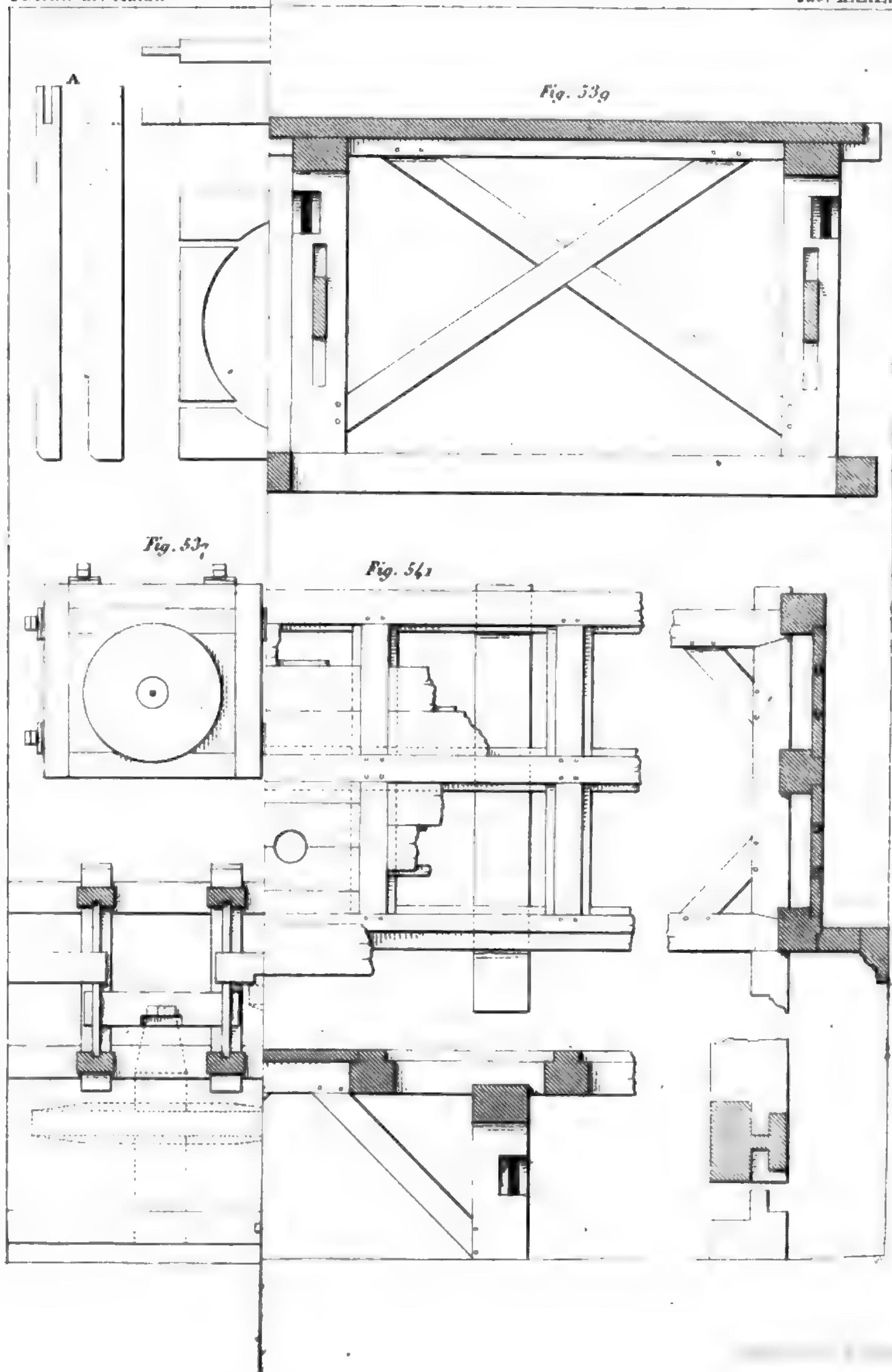


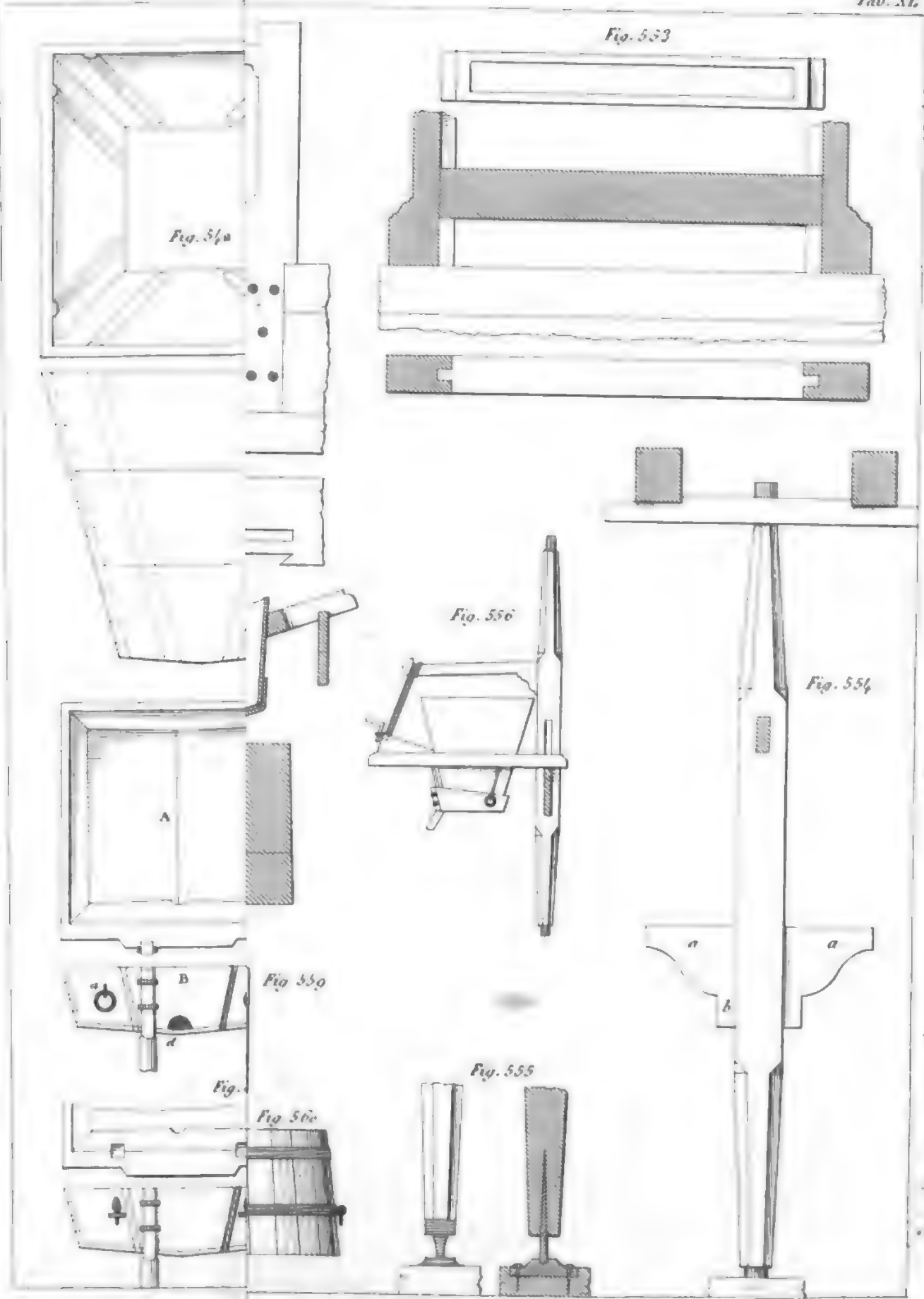
Fig. 534

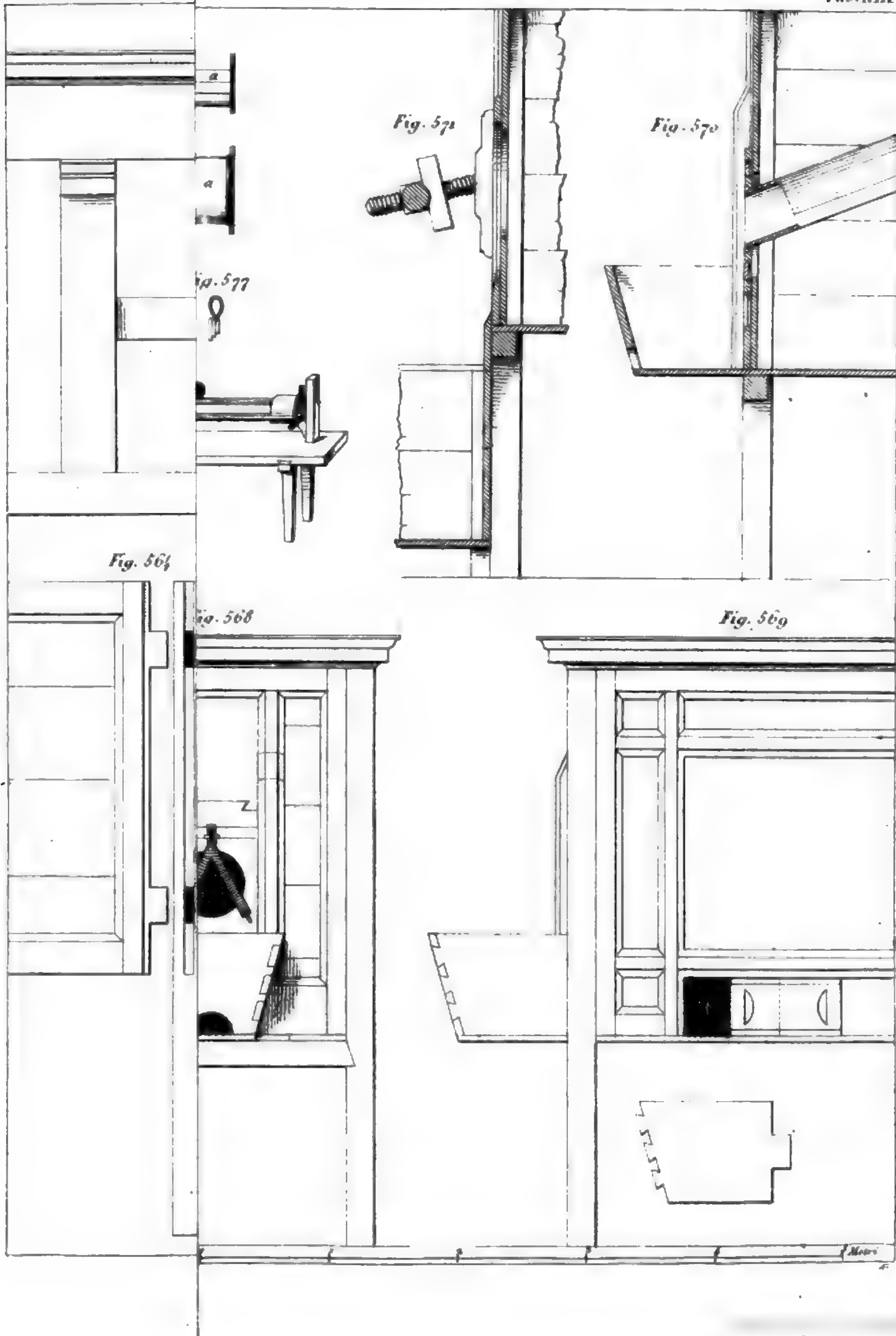


Fig. 535









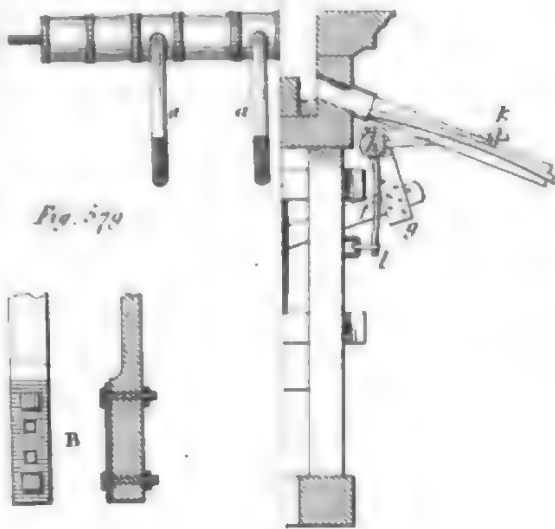
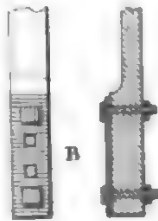


Fig. 579



B

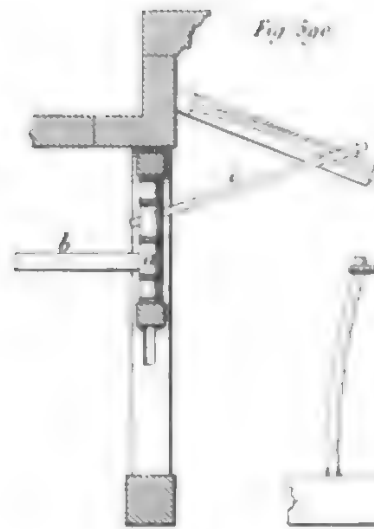


Fig. 581



Fig. 582

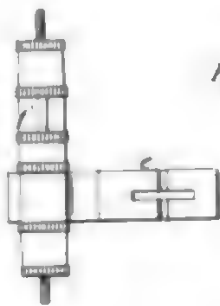


Fig. 583

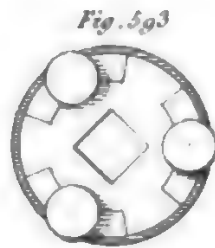


Fig. 584

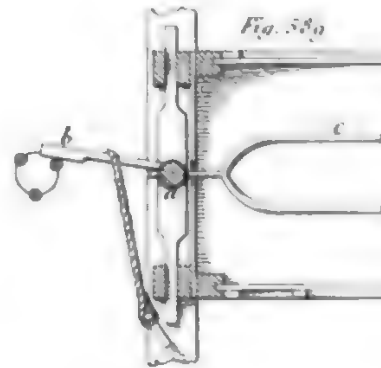
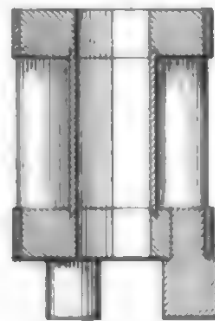


Fig. 586

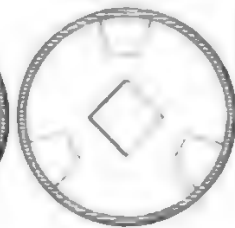
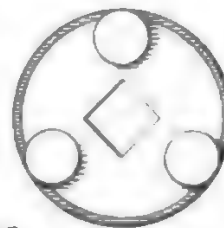


Fig. 587

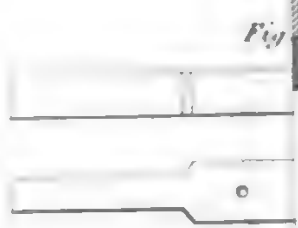


Fig. 590

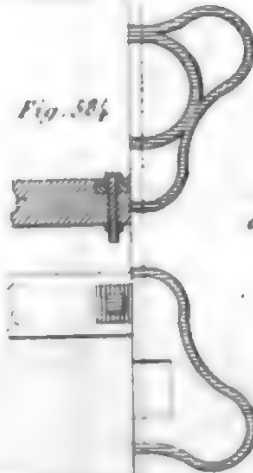


Fig. 591

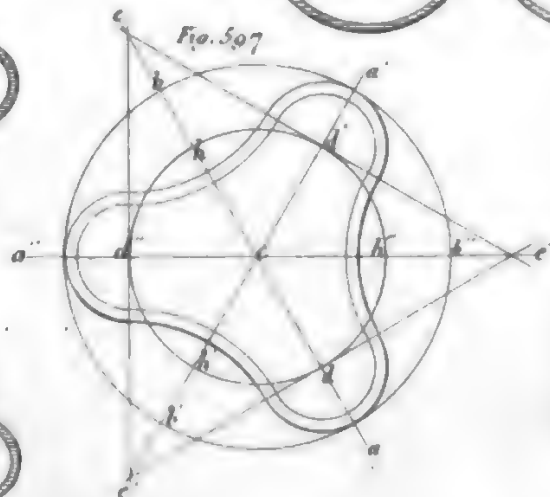


Fig. 592

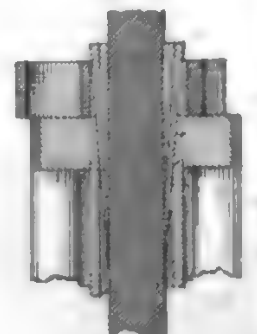
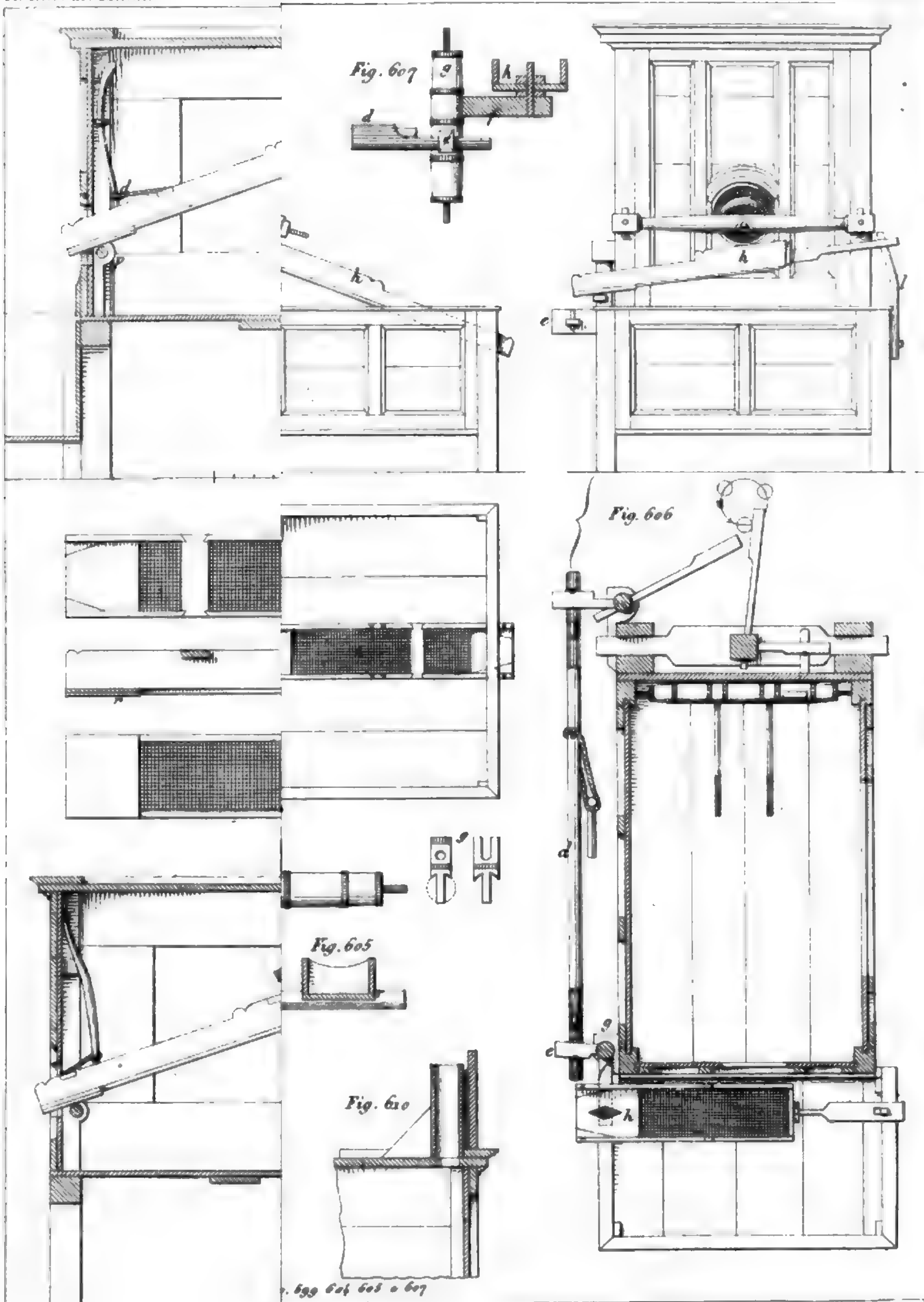
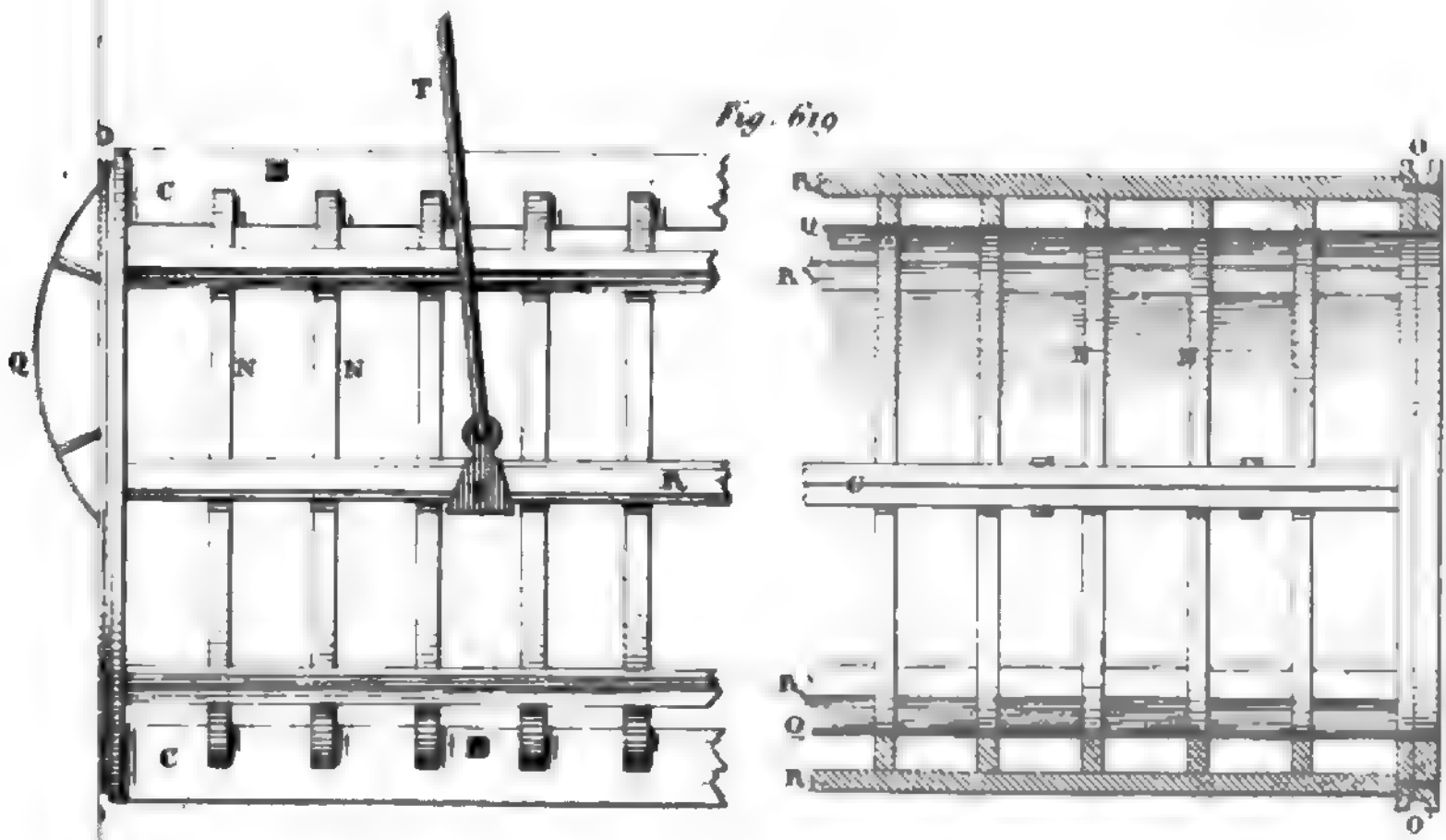
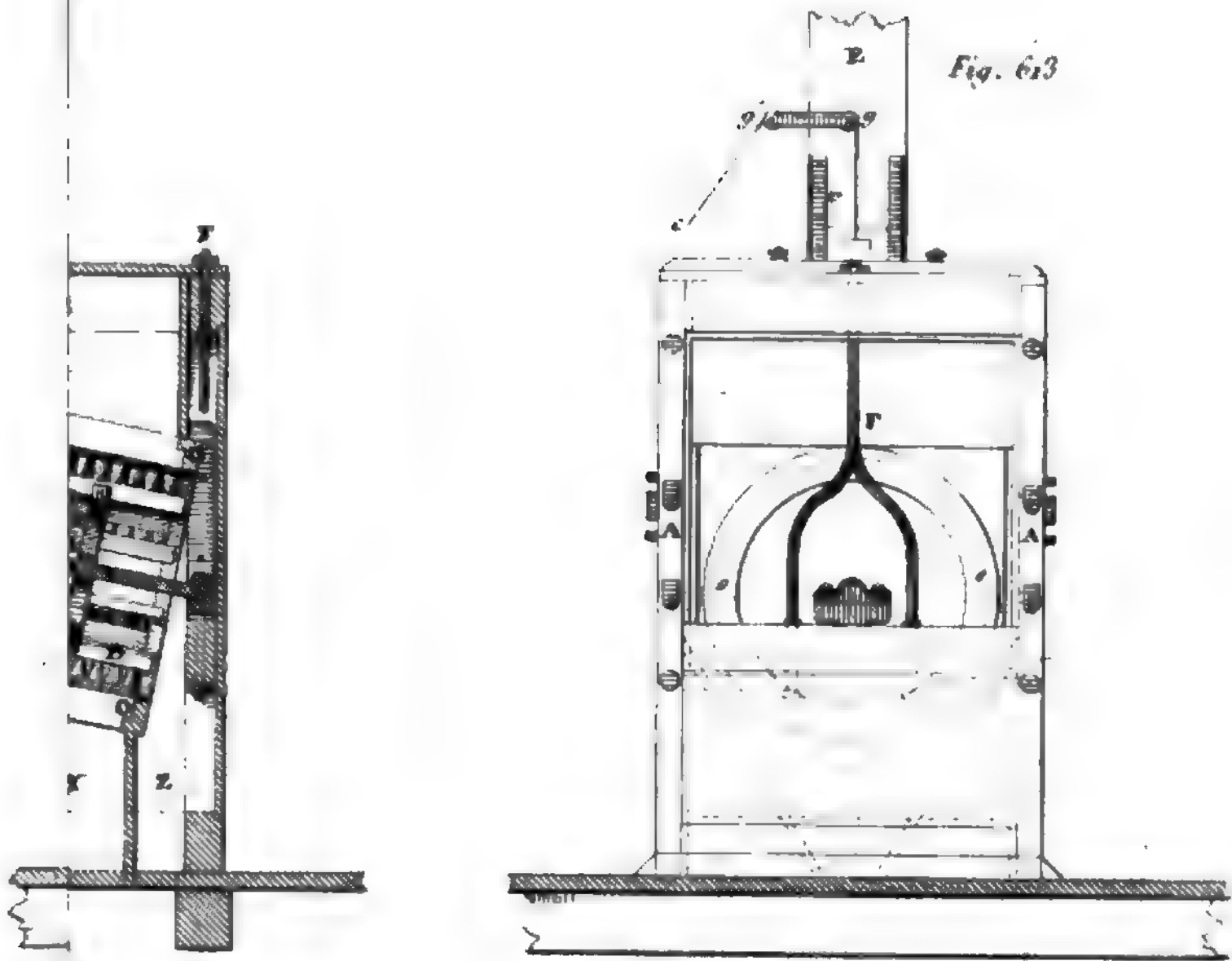


Fig. 593





Mostr. per la Fig. 611, 612, 613.
al doppio per la altre.

Fig. 621

Fig. 622

Fig. 623

Fig. 625

Fig. 629

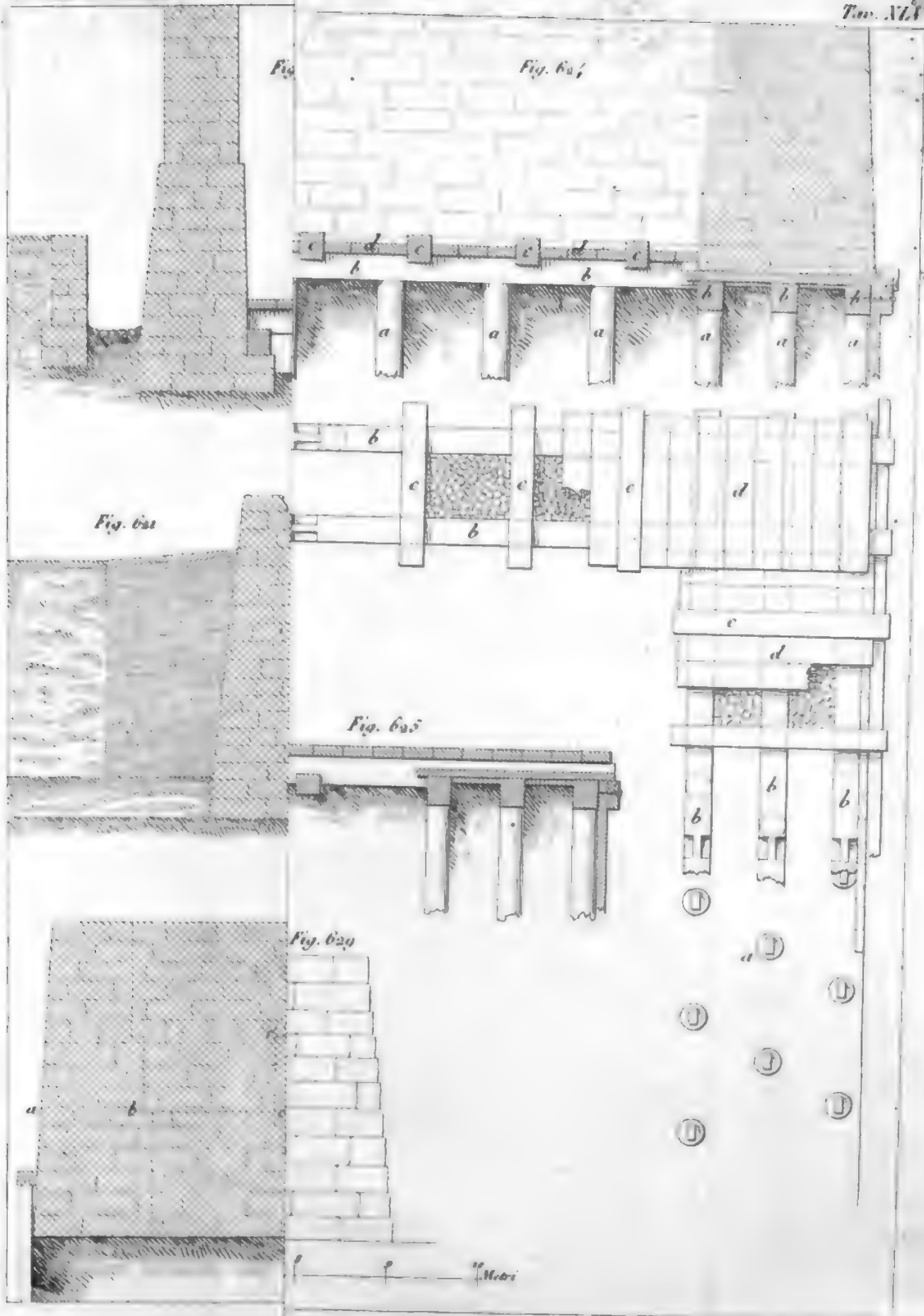


Fig. 637

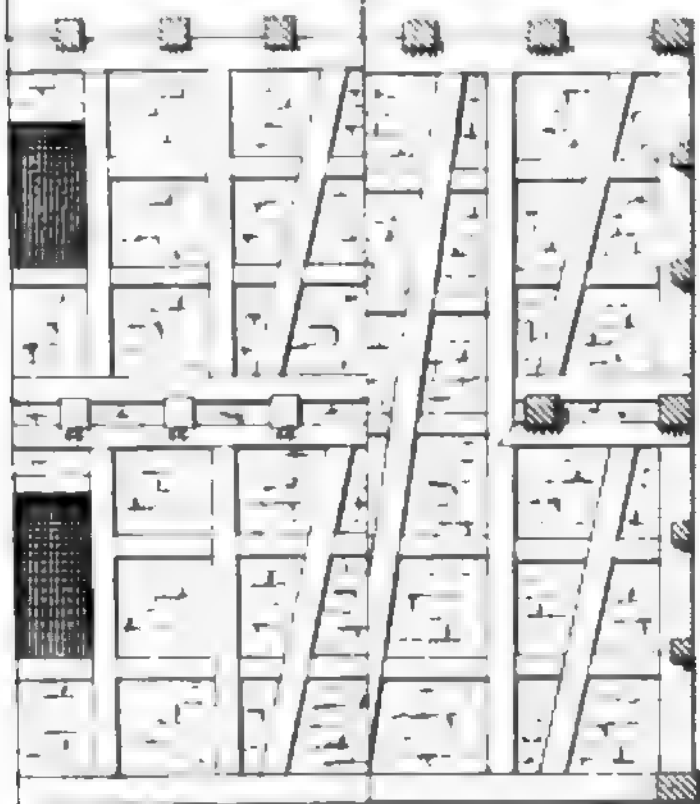


Fig. 638

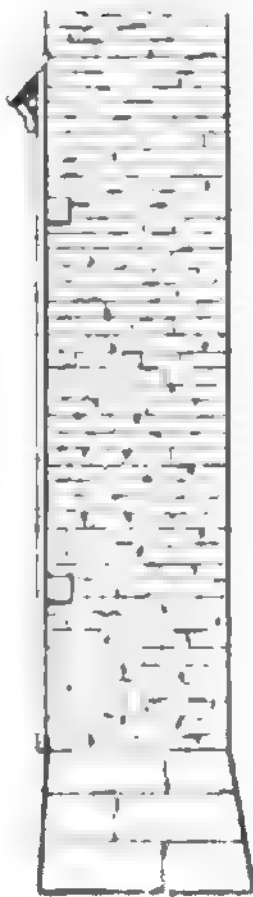


Fig. 640

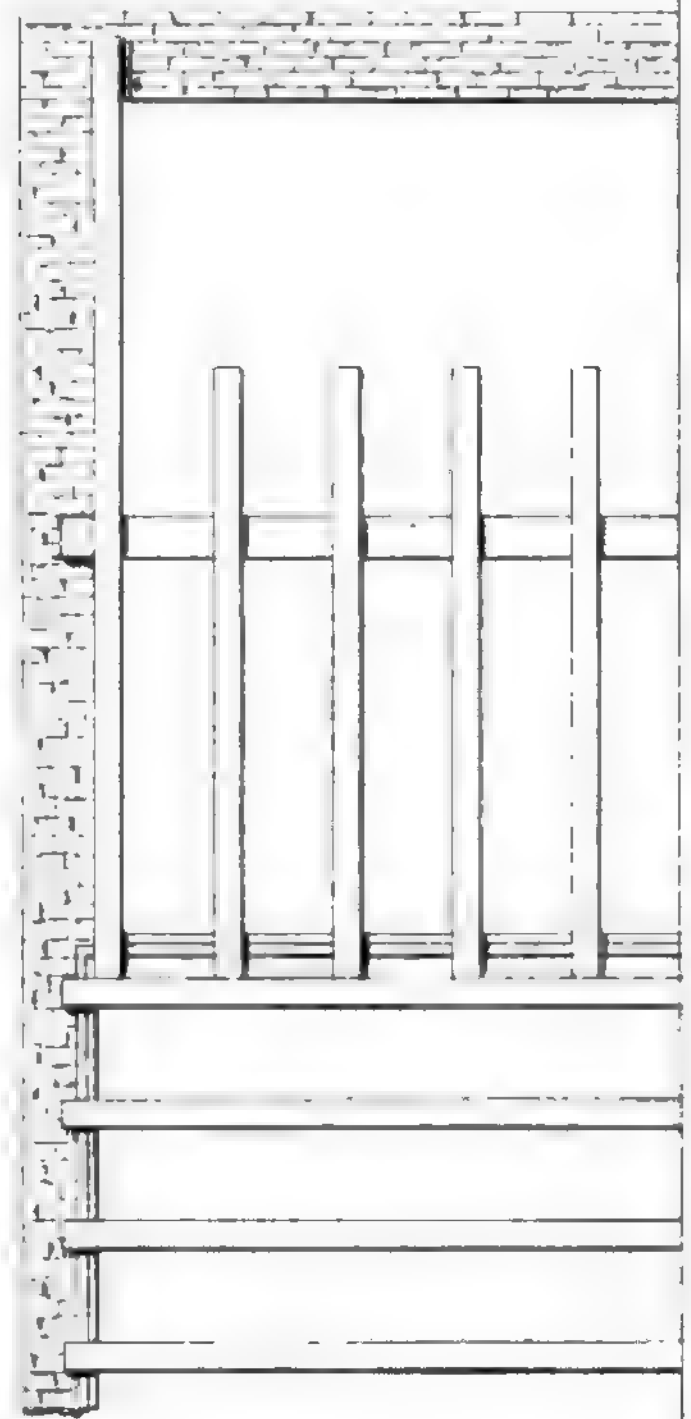


Fig. 639

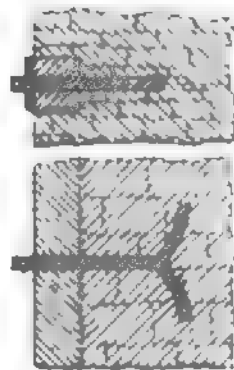


Fig. 631

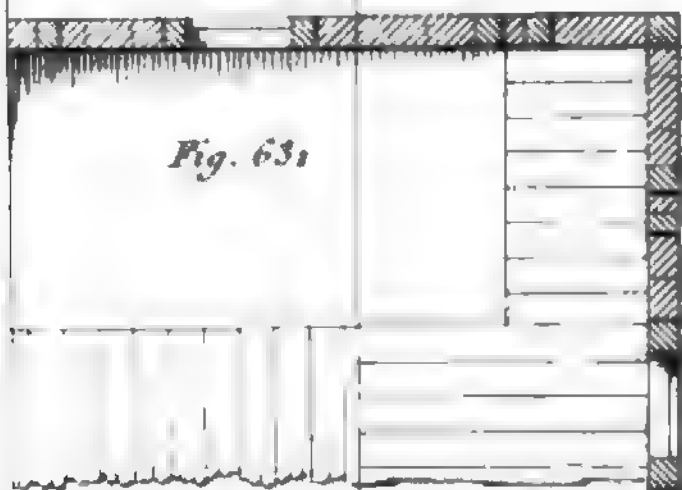


Fig. 641

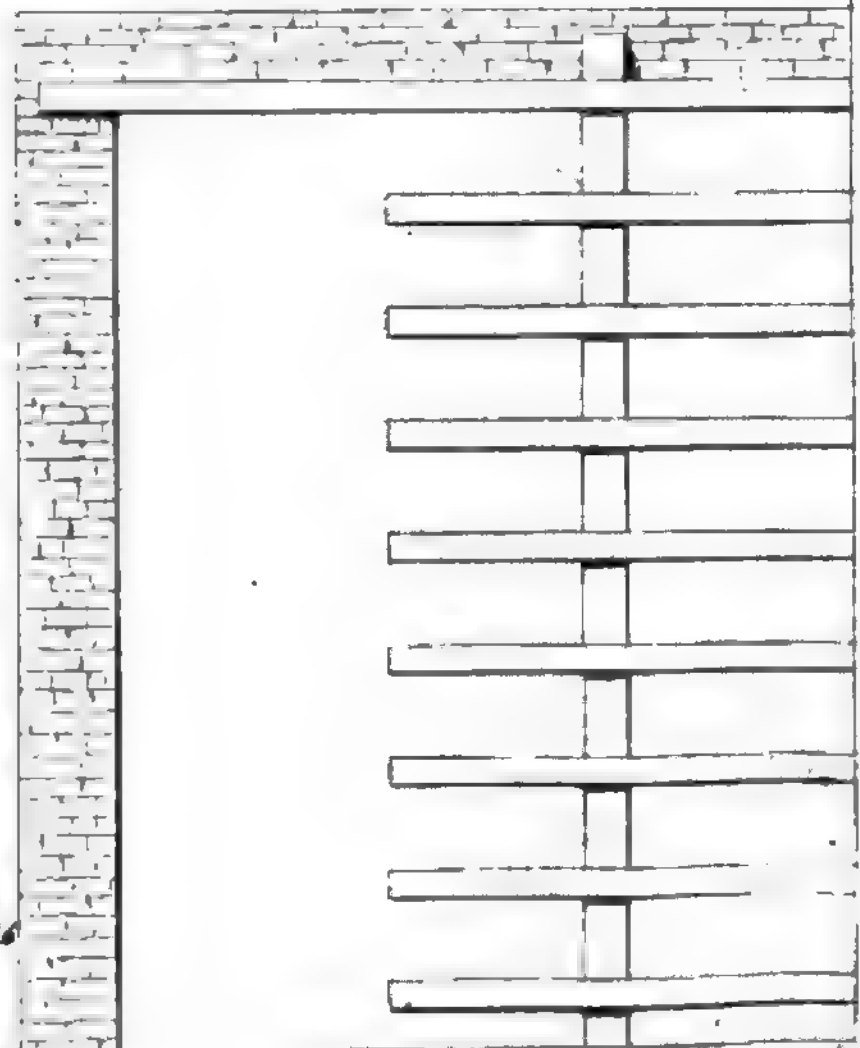


Fig. 632

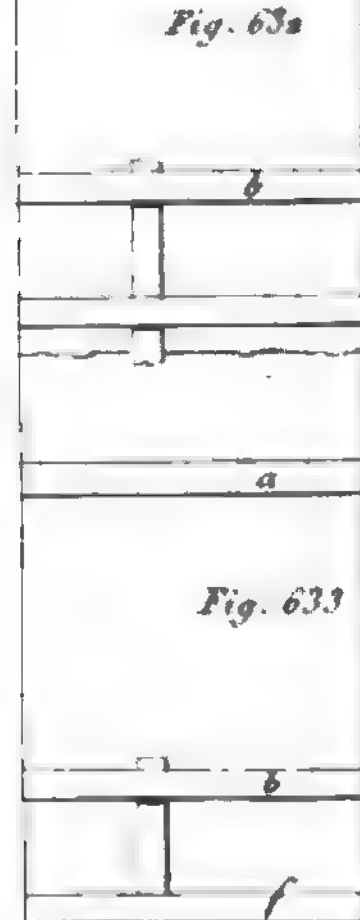


Fig. 645

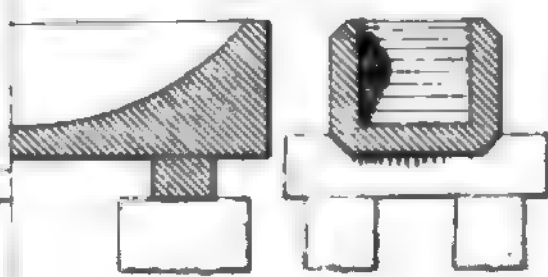


Fig. 646

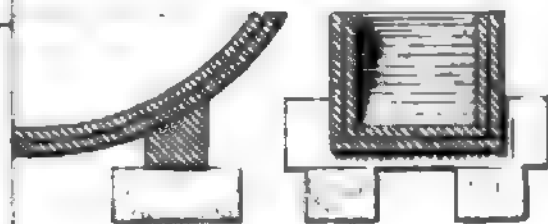
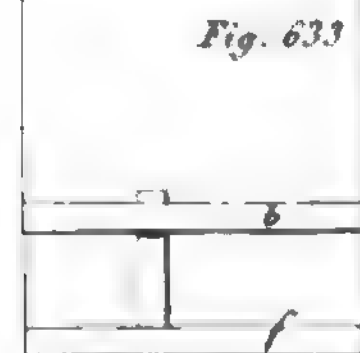


Fig. 633



8
16
9 per le Fig. 631, 632, 633, 634, 635, 636, 637, 638, 639, 640, 641, 642, 643, 644, 645, 646, 647, 648, 649, 650, 651, 652, 653, 654, 655, 656, 657, 658, 659, 660, 661, 662, 663, 664, 665, 666, 667, 668, 669, 670, 671, 672, 673, 674, 675, 676, 677, 678, 679, 680, 681, 682, 683, 684, 685, 686, 687, 688, 689, 690, 691, 692, 693, 694, 695, 696, 697, 698, 699, 700, 701, 702, 703, 704, 705, 706, 707, 708, 709, 710, 711, 712, 713, 714, 715, 716, 717, 718, 719, 720, 721, 722, 723, 724, 725, 726, 727, 728, 729, 730, 731, 732, 733, 734, 735, 736, 737, 738, 739, 740, 741, 742, 743, 744, 745, 746, 747, 748, 749, 750, 751, 752, 753, 754, 755, 756, 757, 758, 759, 760, 761, 762, 763, 764, 765, 766, 767, 768, 769, 770, 771, 772, 773, 774, 775, 776, 777, 778, 779, 780, 781, 782, 783, 784, 785, 786, 787, 788, 789, 790, 791, 792, 793, 794, 795, 796, 797, 798, 799, 800, 801, 802, 803, 804, 805, 806, 807, 808, 809, 810, 811, 812, 813, 814, 815, 816, 817, 818, 819, 820, 821, 822, 823, 824, 825, 826, 827, 828, 829, 830, 831, 832, 833, 834, 835, 836, 837, 838, 839, 840, 841, 842, 843, 844, 845, 846, 847, 848, 849, 850, 851, 852, 853, 854, 855, 856, 857, 858, 859, 860, 861, 862, 863, 864, 865, 866, 867, 868, 869, 870, 871, 872, 873, 874, 875, 876, 877, 878, 879, 880, 881, 882, 883, 884, 885, 886, 887, 888, 889, 890, 891, 892, 893, 894, 895, 896, 897, 898, 899, 900, 901, 902, 903, 904, 905, 906, 907, 908, 909, 910, 911, 912, 913, 914, 915, 916, 917, 918, 919, 920, 921, 922, 923, 924, 925, 926, 927, 928, 929, 930, 931, 932, 933, 934, 935, 936, 937, 938, 939, 940, 941, 942, 943, 944, 945, 946, 947, 948, 949, 950, 951, 952, 953, 954, 955, 956, 957, 958, 959, 960, 961, 962, 963, 964, 965, 966, 967, 968, 969, 970, 971, 972, 973, 974, 975, 976, 977, 978, 979, 980, 981, 982, 983, 984, 985, 986, 987, 988, 989, 990, 991, 992, 993, 994, 995, 996, 997, 998, 999, 1000



Fig. 657



Fig. 652

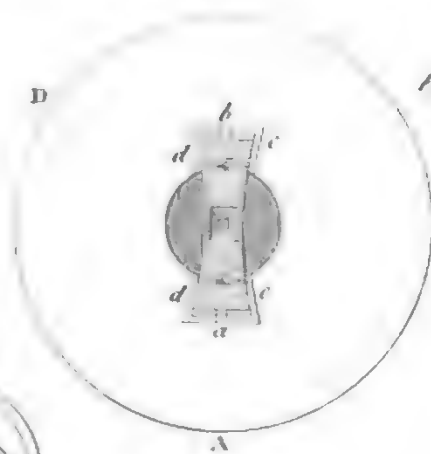
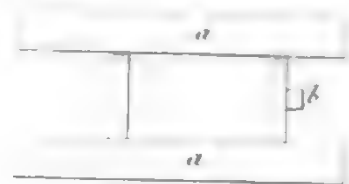


Fig. 662



Fig. 66c

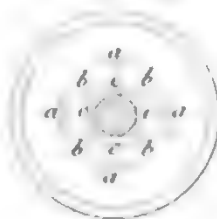


Fig. 669



Fig. 661

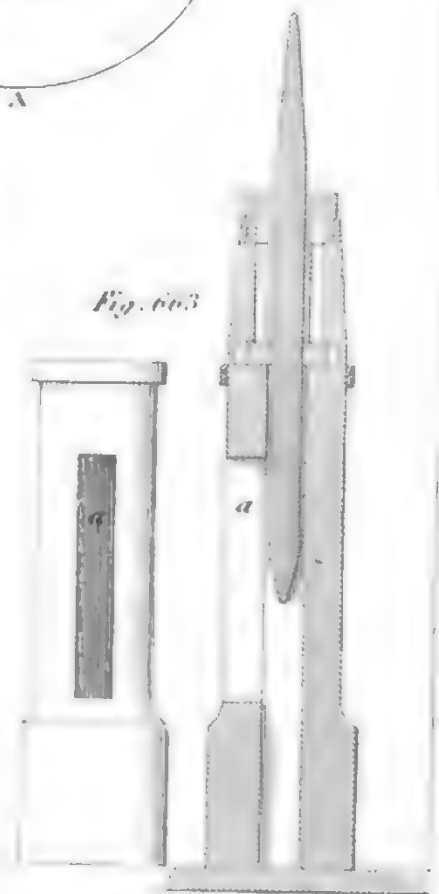


Fig. 663

Red. Fig. 657 e 661

Metri

Fig. 664

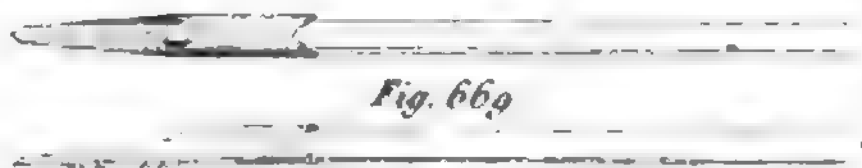
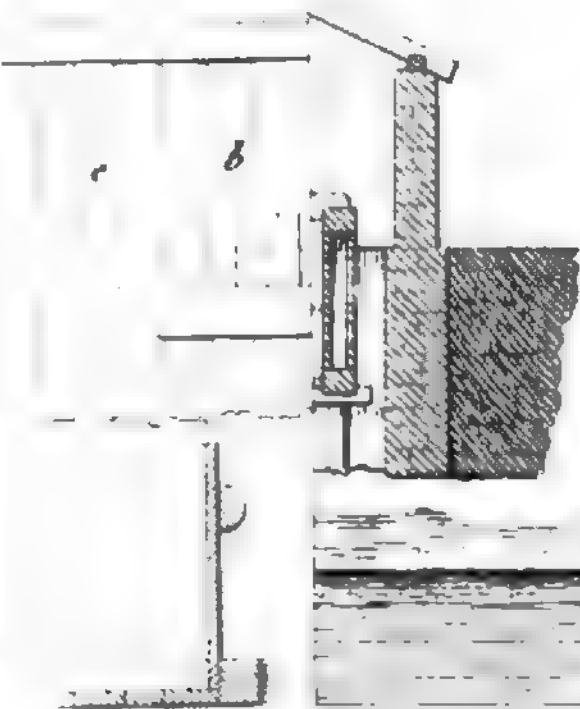
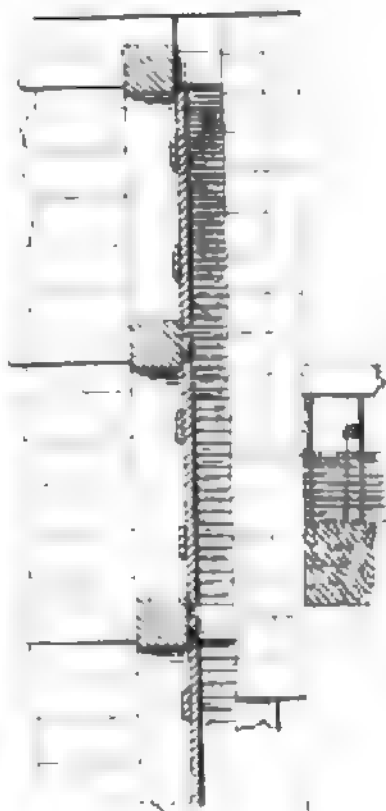
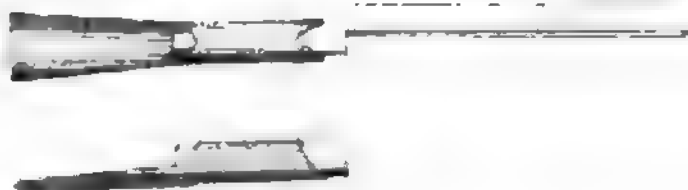


Fig. 669

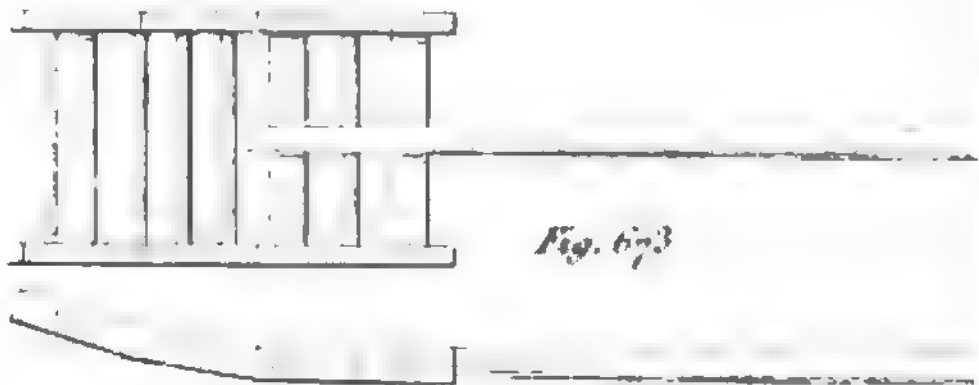


Fig. 673

Fig. 670

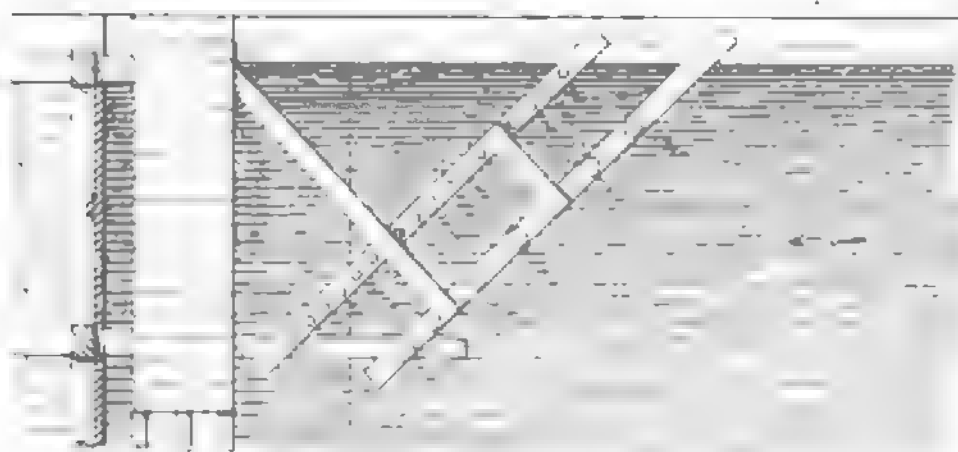


Fig. 680

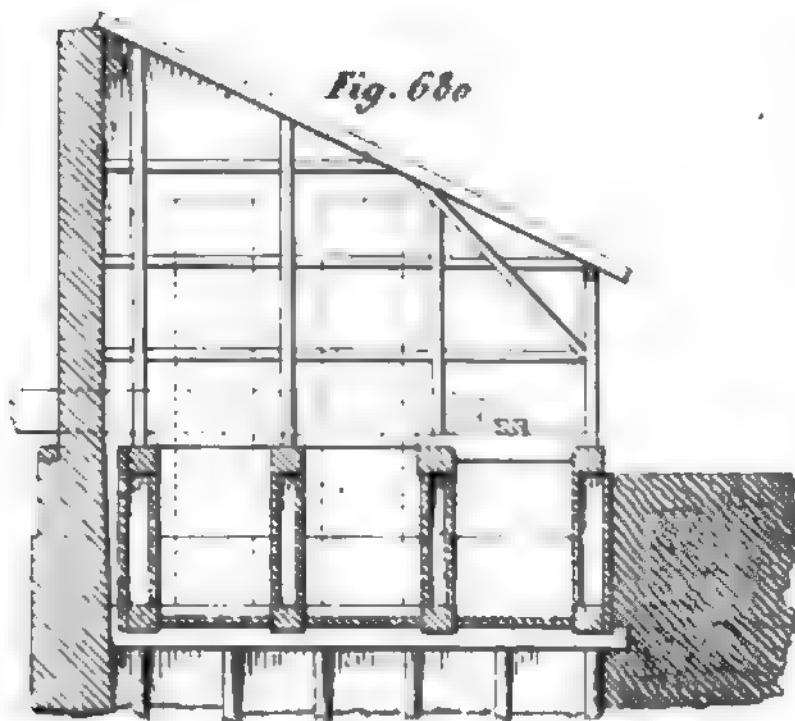
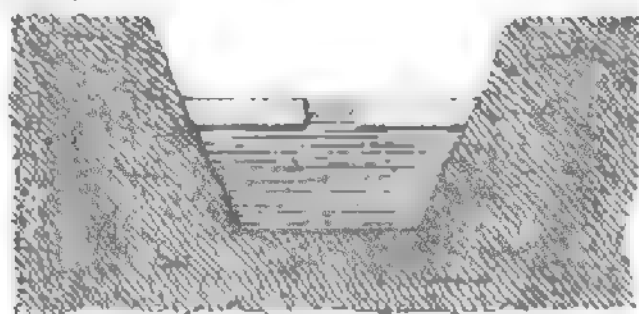
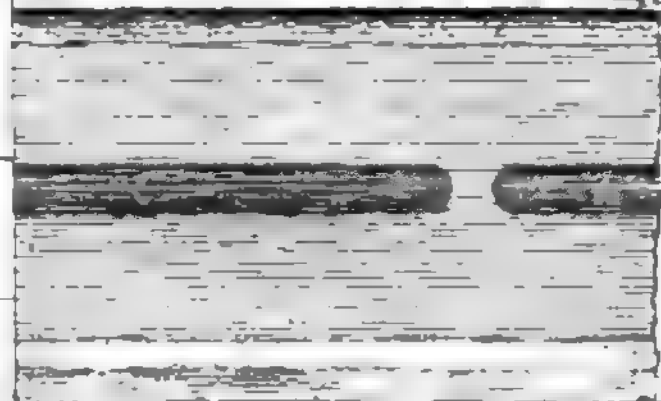


Fig. 681



011000



